

- II -

**FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO  
EN SUELOS DE LA SABANA DE TUQUERRES  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA**

POR

**CARLOS E. FEUILLET B.**

**ALVARO G. FEUILLET S.**

Tesis de Grado presentada como requisito  
parcial para optar al título de  
**INGENIERO AGRONOMO**

artículo 1º, del Decreto No. 124 del 11 de  
Enero de 1966  
**Presidente de Tesis**  
MARIO BLASCO L., I.A., Ph. D.

802800

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
Pasto - Colombia  
1.971**

T  
631.4  
7426

i

A LOS EMPESADOS DE MIS PADRES

A MI MUJER

A MIS HIJOS

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1o. del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

FIN

CARLOS ENRIQUE SUAREZ

900  
17  
Bogotá: Sucesores. Julio 1971

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Generalidades de la zona estudiada .....	3
2.1.1 Ubiación y extensión .....	3
2.1.2 Ecología y climatología .....	3
2.1.3 Uso actual de la tierra .....	4
2.1.4 Geología .....	5
2.1.5 Suelos .....	5
2.2 Generalidades del nitrógeno .....	6
2.3 Generalidades del fósforo .....	8
2.4 Generalidades del potasio .....	11
III. MATERIALES Y METODOS .....	15
3.1 Materiales .....	15
3.1.1 Muestreo .....	15
3.2 Métodos .....	18
3.2.1 Métodos para el análisis físico-químico .....	18
3.2.1.1 Color del suelo .....	18
3.2.1.2 Humedad .....	18
3.2.1.3 Textura .....	18
3.2.1.4 Reacción del suelo .....	19
3.2.1.5 Carbono orgánico .....	19
3.2.1.6 Materia orgánica .....	19
3.2.1.7 Relación carbono-nitrógeno ..	19
3.2.1.8 Capacidad catiónica de cambio	19
3.2.1.9 Cationes intercambiables ....	20
3.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno .....	20
3.2.2.1 Nitrógeno total .....	20
3.2.2.2 Nitrógeno inorgánico .....	20
3.2.2.3 Nitrógeno orgánico .....	21
3.2.2.4 Nitrógeno intercambiable ....	21

	Pág.
3.2.2.5 Nitrógeno nativo fijo .....	21
3.2.2.6 Nitrógeno amoniacal .....	22
3.2.3 Fraccionamiento del fósforo .....	22
3.2.3.1 Fósforo fácilmente reemplaza- ble .....	22
3.2.3.2 Fósforo unido al calcio no apa- títico .....	23
3.2.3.3 Fósforo unido al aluminio ....	23
3.2.3.4 Fósforo unido al hierro .....	23
3.2.3.5 Fósforo unido al calcio apatí- tico .....	23
3.2.3.6 Determinación del fósforo orgá- nico .....	24
3.2.3.7 Determinación del fósforo to- tal .....	24
3.2.3.8 Fósforo inerte .....	24
3.2.3.9 Fósforo aprovechable .....	25
3.2.4 Fraccionamiento del potasio .....	25
3.2.4.1 Potasio total .....	25
3.2.4.2 Potasio soluble en agua .....	25
3.2.4.3 Potasio intercambiable .....	26
3.2.4.4 Potasio intercambiable (HNO <sub>3</sub> 0,1 N) .....	26
3.2.4.5 Potasio no intercambiable ....	26
A. Total .....	26
B. Fracción más soluble del potasio no intercambiable.	27
3.2.4.6 Lixiviación del potasio .....	27
3.2.4.7 Fracción estructural del pota- sio .....	27
3.2.4.8 Sodio total .....	27
3.2.5 Métodos estadísticos .....	28

	Pág.
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	29
4.1 Características generales de los suelos .....	29
4.2 Fraccionamiento del nitrógeno .....	29
4.2.1 Nitrógeno total .....	29
4.2.2 Nitrógeno orgánico .....	38
4.2.3 Nitrógeno inorgánico .....	39
4.2.4 Nitrógeno nativo fijo .....	39
4.2.5 Nitrógeno intercambiable .....	40
4.2.6 Nitrógeno amoniacal .....	40
4.3 Fraccionamiento del fósforo .....	41
4.3.1 Fósforo total .....	41
4.3.2 Fósforo inerte .....	47
4.3.3 Fósforo orgánico .....	47
4.3.4 Fósforo fácilmente reemplazable .....	51
4.4 Fraccionamiento del potasio .....	51
4.4.1 Potasio total .....	59
4.4.2 Potasio estructural .....	59
4.4.3 Potasio no intercambiable .....	60
4.4.4 Potasio intercambiable .....	60
4.4.5 Potasio soluble en agua .....	60
4.4.6 Lixiviación del potasio .....	61
4.5 Relaciones estadísticas .....	61
4.6 Estudio de otros cationes .....	75
V. CONCLUSIONES .....	80
VI. RESUMEN .....	82
SUMMARY .....	83
VII. BIBLIOGRAFIA .....	84
APENDICE .....	103

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Localización del Departamento de Nariño en la República de Colombia .....	16
Figura 2. Localización de la zona estudiada en el Departamento de Nariño. Sitios de toma de muestras .....	17
Figura 3. Contenido promedio de las fracciones de <u>ni</u> trógeno. Suelo .....	45
Figura 4. Contenido promedio de las fracciones de <u>ni</u> trógeno. Subsuelo.....	46
Figura 5. Contenido promedio de las fracciones de fósforo. Suelo .....	57
Figura 6. Contenido promedio de las fracciones de fósforo. Subsuelo .....	58
Figura 7. Contenido promedio de las fracciones de <u>po</u> tasio. Suelo .....	67
Figura 8. Contenido promedio de las fracciones de <u>po</u> tasio. Subsuelo .....	68
Figura 9. Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno intercambiable, fósforo aprovechable y potasio intercambiable. Suelo y Subsuelo .....	70

Figura 10.	Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno total, fósforo total y potasio total. Suelo y Subsuelo .....	71
Figura 11.	Relación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable. Suelo y Subsuelo.....	72
Figura 12.	Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico. Suelo y Subsuelo .....	73
Figura 13.	Relación entre el potasio total y el potasio intercambiable. Suelo y Subsuelo .....	74

TABLAS

		Pág.
TABLA	I. Algunas características físicas de los suelos estudiados. Suelo .....	30
TABLA	II. Algunas características físicas de los suelos estudiados. Subsuelo .....	31
TABLA	III. Algunas características químicas de los suelos estudiados. Suelo .....	32
TABLA	IV. Algunas características químicas de los suelos estudiados. Subsuelo .....	33
TABLA	V. Contenido máximo, promedio y mínimo de algunas características químicas de los suelos estudiados .....	34
TABLA	VI. Fracciones de nitrógeno de los suelos estudiados. Suelo .....	35
TABLA	VII. Fracciones de nitrógeno de los suelos estudiados. Subsuelo .....	36
TABLA	VIII. Contenido máximo, promedio y mínimo de las fracciones de nitrógeno de los suelos estudiados. ....	37
TABLA	IX. Fracciones de fósforo de los suelos estudiados. Suelo .....	42
TABLA	X. Fracciones de fósforo de los suelos estudiados. Subsuelo .....	43

TABLA	XI.	Contenido máximo, promedio y mínimo de las fracciones de fósforo de los suelos estudiados .....	44
TABLA	XII.	Relación C/P orgánico de los suelos estudiados .....	48
TABLA	XIII.	Comparación de los fosfatos cálcicos y los fosfatos de hierro y aluminio expresados en porcentajes del fósforo total y del fósforo inorgánico de los suelos estudiados .....	50
TABLA	XIV.	Fósforo aprovechable (Bray I), de los suelos estudiados .....	52
TABLA	XV.	Relación N/P orgánico de los suelos estudiados .....	53
TABLA	XVI.	Fracciones de potasio de los suelos estudiados. Suelo .....	54
TABLA	XVII.	Fracciones de potasio de los suelos estudiados. Subsuelo .....	55
TABLA	XVIII.	Contenido máximo, promedio y mínimo de las fracciones de potasio de los suelos estudiados .....	56
TABLA	XIX.	Lixiviación del potasio mediante la adición de 100 c.c./dfa de HCl 0,01 normal de los suelos estudiados. Suelo .....	62

TABLA XX.	Lixiviación del potasio mediante la adición de 100 c.c./día de HCl 0,01 normal de los suelos estudiados. Subsuelo .....	63
TABLA XXI.	Resumen de las relaciones estadísticas entre el nitrógeno total y nitrógeno intercambiable de los suelos estudiados .....	64
TABLA XXII.	Resumen de las relaciones estadísticas entre el fósforo total y fósforo orgánico de los suelos estudiados .....	65
TABLA XXIII.	Resumen de las relaciones estadísticas entre el potasio total y potasio intercambiable de los suelos estudiados .....	66
TABLA XXIV.	Contenidos de sodio total e intercambiable de los suelos estudiados .....	76
TABLA XXV.	Relación K/Na en sus fracciones total e intercambiable de los suelos estudiados .....	77
TABLA XXVI.	Contenidos de calcio y magnesio y relación Ca/Mg de los suelos estudiados. Suelo .....	78
TABLA XXVII.	Contenidos de calcio y magnesio y relación Ca/Mg de los suelos estudiados. Subsuelo ..	79

**FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO**

**EN SUELOS DE LA SABANA DE TUQUERRES**

**BAJO CONDICIONES DE PRADERA (\*)**

**POR**

**CARLOS E. FEUILLET B.**

**ALVARO G. FEUILLET S.**

**I INTRODUCCION**

En la serie de estudios que se vienen realizando en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, por razones obvias, se ha venido dando preferencia a la investigación de suelos volcánicos.

En el presente trabajo se considera la región de Túquerres, otra de las áreas volcánicas importantes del sur-occidente colombiano.

---

(\*) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco Lamenca I.A., Ph. D.

Es muy probable que la meseta de Tóquerres, por las facilidades de mecanización que presenta, con mejores técnicas agronómicas, se convirtiese en un centro de primera magnitud en cuanto a producción ganadera, cerealista y papera. Precisamente, uno de los primeros problemas a resolver es el suelo, y dentro de él, ocupa el punto de partida, el conocimiento del estado de los tres elementos mayores: nitrógeno, fósforo y potasio.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se decidió realizar esta Tesis, con el deseo de contribuir, al menos en parte, al conocimiento de los suelos de la meseta de Tóquerres.

### 1.1.2. Localización y límites de la meseta de Tóquerres.

La meseta de Tóquerres se encuentra entre los 24° 53' 58" (Cumbre), y 24° 57' 29" (Vértice) de latitud norte y una longitud de 77° 47' 12" (Cumbre) y 77° 10' 12" (Vértice) de longitud oeste. El punto más elevado de la meseta es el cerro de Tóquerres (1100').

La meseta de Tóquerres se extiende entre los cerros de Tóquerres (Cumbre de Tóquerres) y Tóquerres (Vértice), con un ancho promedio de 1500' a 2000' y una longitud total que varía entre los 500' y 1000' (1100').

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la zona estudiada.

#### 2.1.1 Ubicación y extensión.

La sabana de Tâquerres se halla situada en el sur-occidente de la República de Colombia, al sur del Departamento de Nariño, integrada a lo que se llama el Altiplano Tâquerres-Ipiales; sub-región que se encuentra delimitada por el arco meridional de las dos cordilleras, el río Bobo y el río Guaitara. Dentro de esta unidad geográfica se advierten tres sectores con características diferentes: la sabana de Tâquerres, la hoya del alto Guaitara y la vertiente occidental del Guaitara (93)'.  
(93)'

La meseta de Tâquerres, geográficamente se encuentra situada entre los  $0^{\circ} 53' 51''$  (Cumbal), y  $1^{\circ} 05' 25''$  (Tâquerres) de latitud norte y una longitud de  $77^{\circ} 47' 12''$  (Cumbal) y  $77^{\circ} 32' 24''$  (Puente de Cualanquisán) al occidente de Greenwich. La superficie aproximada de la sabana es de 30.000 has (109).

#### 2.1.2 Ecología y Climatología.

La sabana de Tâquerres se halla situada entre una altura de 2.960 msnm (Puente de Cualanquisán) y 3.300 msnm (Tâquerres), con un promedio anual de lluvias de 500 a 1.000 mm y una temperatura anual media que varía entre los  $6^{\circ}\text{C}$  y  $12^{\circ}\text{C}$  (109)

Espinal y Montenegro (52), quienes siguen el sistema propuesto por Holdridge, advierten que la meseta de Tâquerres se considera como bosque húmedo montano (bh-M). Estos mismos autores, consideran que la Sabana se sitúa en el centro mismo de los Andes, las vertientes se vuelven más húmedas hacia el oriente y al occidente (Guachucal); igualmente afirman que en este tipo

de bosques, debido a que se presentan a mayor altitud que el bosque seco montano bajo, la temperatura es menor, lo cual hace que, aún, con poca lluvia, su clima sea húmedo debido a la baja eficiencia térmica que se presenta en una menor evapotranspiración. En varios meses del año las temperaturas son frescas durante el día, pero durante las noches bajan fuertemente con frecuente formación de heladas.

Las lluvias son frecuentes pero no abundantes, repartidas en dos períodos que corresponden a los meses iniciales y finales del año: Marzo a Abril, y Noviembre a Diciembre; el resto del año corresponde a períodos de verano con lluvias esporádicas; en la sabana el clima es frío y seco, y constituye una zona de transición entre el piso térmico frío y el páramo bajo (41).

### 2.1.3 Uso actual de la tierra

Según la CEPAL (Comisión Económica para América Latina), en su estudio sobre el desarrollo económico de Colombia, las perspectivas de la sabana de Tóqueres son muy amplias y favorecen en especial la explotación de ganado para leche. En la actualidad, la sabana está dedicada a una explotación extensiva de la ganadería, dicha explotación se efectúa en una forma precaria, dando rendimientos relativamente bajos. Por otra parte los ganaderos desconocen técnicas aplicadas a la agricultura. Prueba de ello es que los pastos presentan un enorme retraso, de esto se deduce que las actividades agrícolas y ganaderas no son complementarias como ocurre en la mayoría de las regiones técnicamente explotadas. Hay un gran número de minifundistas y pequeños propietarios, el 97% del total de la región son dueños de pequeñas parcelas situadas en la vertiente debido a la ganadería existente, que ha obligado a la agricultura a ocupar lugares pendientes. En las grandes fincas de la sabana, el cultivo ocupa un mínimo porcentaje de la superficie y en su mayor parte sostienen unas cuantas cabezas de ganado. Estos y otros factores, tales como la inestabilidad de precios de los productos agrícolas en

el mercado, costos de producción, la irregularidad de las épocas de lluvia, ha hecho que los propietarios se dediquen con preferencia a la ganadería (93).

Los principales cultivos de la región efectuados en áreas minifundistas son: papa (Solanum tuberosum L.), trigo (Triticum vulgare L.), cebada (Hordeum vulgare L.), haba (Vicia faba L.), cebolla (Allium spp.), ulloco (Ullucus tuberosus Caldas.) y en menor escala oca o ibia (Oxalis tuberosa Molina.) y hortalizas (41).

#### 2.1.4 Geología

En la cordillera occidental son abundantes las rocas ígneas porfiríticas y afaníticas pero no están ausentes las rocas sedimentarias, principalmente las lilitas y las rocas silíceas compactas. Las lilitas son abundantes en la vertiente septentrional del Macizo del volcán Azufraal donde pueden verse en largos trayectos en la carretera que de Túquerres conduce a Samaniego (39).

Las rocas del cuaternario, consisten en sedimentos aluviales formados por detritos derivados de la erosión de las partes altas de las cordilleras y que fueron transformados y depositados por las corrientes de agua. Se las encuentra principalmente en la costa del Pacífico y en el Altiplano Túquerres-Ipiales (111).

#### 2.1.5 Suelos

Los suelos son planos con pendientes suaves. En la parte más cercana a Túquerres, los suelos son producto de tóbas y cenizas volcánicas. La sub-región de Cumbal está formada por un valle posiblemente de origen glacial, con suelos mal avenados,

en gran parte hidromórficos, desarrollados con seguridad sobre un material de origen orgánico, aunque también con influencia de cenizas volcánicas. En general, los suelos son de origen volcánico, con textura franca, alto contenido de materia orgánica, pH ácido, permeabilidad favorable, pero en la parte más plana, situada hacia la región de Guachucal, se presenta el nivel freático alto (41).

La sabana de Túquerres posee además del río Sapuyes, otros riachuelos de menor importancia tales como: El Salado, Santa Rosa, San Juan de Sales, Cofradía del Molino y Panam. Tanto los ríos como las quebradas no tienen período seco en ninguna época del año. (41).

## 2.2. Generalidades del nitrógeno.

Este elemento ha sido objeto de múltiples estudios, especialmente, desde el punto de vista de las transformaciones microbiológicas, aunque son menos numerosos los estudios desde el punto de vista químico respecto del suelo (13, 25, 28, 61, 86).

El estudio del nitrógeno tienen gran importancia en suelos de la zona tropical, porque las condiciones climatológicas provocan rápida oxidación y, por tanto, pérdida de los compuestos nitrogenados orgánicos (20, 113).

El Nitrógeno de los suelos, se encuentra en una cantidad proporcional al contenido de materia orgánica (32).

Según trabajos realizados en diferentes regiones de Colombia, el nitrógeno orgánico está representado entre el 78 y el 95% del nitrógeno total, y dentro de la fracción inorgánica representa el 5 y el 22% del nitrógeno total. (10, 20, 21, 48, 94, 129). El nitrógeno nativo fijo varía entre el 3 y el 18% del nitrógeno total, y la fracción intercambiable oscila entre el 1 y el 4% (10, 91, 94).

En suelos volcánicos, el contenido de nitrógeno in orgánico total parece ser relativamente más bajo que en suelos no volcánicos (10, 91, 94).

Según Molina y Blasco (94), no existe correlación alguna entre el nitrógeno total y la fracción intercambiable. Han encontrado también estos mismos autores, que el nitrógeno intercambiable es mayor donde el contenido de materia orgánica es menor.

En cuanto al nitrógeno total, su contenido es menor en las zonas tropicales de Colombia que en las zonas templadas, esto se debe a que las temperaturas favorecen la descarboxilación de la materia orgánica y la volatilización del nitrógeno, además, debido a una mayor actividad bioquímica, disminuyen los compuestos orgánicos del nitrógeno (18).

La influencia de cenizas volcánicas provocan una relativa abundancia de nitrógeno total en suelos tropicales, debido posiblemente a la presencia de alófanos. La alófana impide en cierto grado la descomposición de materiales orgánicos (29). Este hecho se puede explicar teniendo en cuenta la inhibición de la actividad enzimática de la proteasa, que también impide la transformación del nitrógeno proteico lo cual constituye en promedio, la tercera parte del total y en algunos casos llega a un 50% (33, 34).

Solamente Rodríguez (108), y Moore y Ayeke (95), han estudiado algunas fracciones del nitrógeno en zonas tropicales.

Rodríguez (108), determinó el amoníaco nativo fijo en suelos del antiguo territorio británico del Caribe, utilizando el método de extracción  $\text{HF}:\text{H}_2\text{SO}_4$  y pretratamientos con ácido sulfúrico. Moor y Ayeke (95), utilizaron la solución extractora  $\text{HF}:\text{HCl}$  en suelos de Nigeria.

La fracción  $N-NH_3$ , proviene de la mineralización o amonificación de los compuestos orgánicos nitrogenados, como resultado de la actividad microbiana sobre la materia orgánica (3, 21).

El  $N-NH_3$ , permanece en el suelo al ser adsorbido por los sistemas coloidales, mediante procesos físico-químicos (72, 98).

En suelos del Valle del Cauca, Tafur y Blasco (129), encontraron en la primera capa, un promedio de 1.319,6 ppm de nitrógeno total, mientras que el nitrógeno inorgánico llegó al 21,24% del nitrógeno total, el nitrógeno intercambiable de 5,99%, el  $N-NH_3$  de 0,59% y el nativo fijo de 15,85% del nitrógeno total.

Bastidas et al (10), en estudios hechos en el Valle de Sibundoy, encontraron una correlación altamente significativa entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, en condiciones de pantano, mientras que en condiciones de pradera y de cultivo, no encontraron correlación.

En el mismo estudio (10), se encontró que el contenido de nitrógeno total es alto, fluctúa entre 0,9 y 2,5% en la primera capa, y de 0,23 a 0,90% en la segunda capa. Los mayores contenidos se encontraron en suelos de pantano y los menores en suelos de pradera.

### 2.3 Generalidades del fósforo

El fósforo es un elemento que siempre se ha caracterizado por su deficiencia en los suelos a escala universal, debido tanto por su escasez, como por su fijación. La fijación ha constituido lo que se llama el problema del fósforo (22, 87, 112).

La función del fósforo es vital en el desarrollo de las plantas, ya que forma parte esencial del núcleo y de los ácidos nucleicos; interviene en el metabolismo de los carbohidratos grasas y proteínas; incide en la formación de semillas y maduración de frutos. (3, 67, 136, 137, 138).

Según diferentes estudios realizados en suelos del trópico, el contenido del fósforo total es variable, ya que se han encontrado contenidos de más de 3.000 ppm y menos de 159 ppm (22, 53, 59, 97, 133).

Estos contenidos obedecen a diferentes factores tales como el material parental, desarrollo genético del suelo, etc. (64, 83).

Enwezor y Moore (50), Blacos y Bohórques (22) encontraron que en suelos tropicales el fósforo total disminuye con la profundidad del perfil, debido a la rápida disminución de la fracción orgánica.

La materia orgánica a través de sus compuestos esterificados (22), como ácidos nucleicos, inositol-fosfatos y fosfolípidos, proporciona una de las fracciones del fósforo más importantes de los suelos.

La fracción orgánica de los suelos representa del 3 al 90% del fósforo total (59).

Se ha encontrado que la cantidad de fósforo orgánico más alta se halla en suelos cuyas zonas son de alta precipitación y temperatura anual baja (137).

Respecto a la fracción inorgánica, es de tener en cuenta que mientras más fuerte es la meteorización del medio en

suelos tropicales, la concentración de fosfatos de hierro y aluminio es mayor que la concentración de fosfatos de calcio (45, 68, 97 125).

Pantoja (104), en estudios realizados en la zona subtropical del Departamento de Nariño, encontró que los fosfatos de hierro y aluminio, se hallaban en una proporción doble a la de los fosfatos de calcio.

Lo mismo ocurre en zonas ligeramente más frías como el valle de Sibundoy en donde los fosfatos de calcio representan entre el 1 y el 15% del fósforo inorgánico, mientras que los fosfatos de hierro y aluminio representan entre el 37 y el 50% (11).

El fósforo es fijado más rápidamente por el aluminio que por el hierro. Sin embargo están de acuerdo diferentes autores en que esa forma es fácilmente asequible para las plantas, tan fácilmente como la fracción intercambiable (65, 80, 123).

Los suelos que han sufrido una fuerte meteorización parece que tienen mayor contenido de fósforo fijado por el hierro que por el aluminio (2, 17, 104).

El fósforo unido al calcio presenta una concentración baja en suelos de zonas tropicales, esto tiene importancia porque según Katsnelson (77), cuando hay deficiencia de calcio, hecho frecuente en suelos tropicales, los microorganismos pueden utilizar los fosfatos de calcio para efectos de su metabolismo.

Kaila (75), encontró que el fósforo unido al calcio es menor en la superficie del suelo, esto puede deberse a que en la superficie del suelo hay mayor actividad microbiana, los suelos son capaces de disolver la apatita y ser utilizado posteriormente por las plantas.

El fósforo fácilmente reemplazable es bajo, al rededor de 7 ppm. La deficiencia del fósforo directamente aprovechable en suelos del valle de Sibundoy se atribuye en gran parte a la presencia de alúmina (11).

En otros suelos colombianos del valle del Cesar y Cauca, se encontró que las cantidades de fósforo retenidas por el hierro eran más importantes que las retenidas por el aluminio o el calcio. En ambas áreas el fósforo orgánico representó la mayor reserva fosforada de los suelos, entre el 20 y 30% del fósforo total. (127, 22). El fósforo inerte representó entre el 35 y el 58% del fósforo total.

#### 2.4 Generalidades del potasio

El papel específico del potasio en el desarrollo vegetal, es estimular la acumulación de almidón, de aquí que las plantas que tienen grandes órganos de reserva o almacenamiento de estos carbohidratos, necesitan buenas cantidades de este elemento (140).

Según Bernsthein y Okanenko (12), en cultivos de remolacha azucarera en arena, excluyendo el potasio, decreció la fotosíntesis y el porcentaje de azúcar. Al final del período vegetativo disminuyó la concentración de fósforo inorgánico en los ésteres de azúcar y en los nucleótidos.

Shaw (120), encontró que la fertilización potásica incrementa el porcentaje de sucrosa en la caña de azúcar.

Afirma Russell (112), que en inadecuado suministro de potasio, las plantas tratan de tomar más nitrógeno de lo necesario, lo que provoca vaneamiento, debilidad y posterior volcamiento.

Buckman y Brady (38), destacan su importancia en la formación de los granos en los cereales, produciendo semillas densas y voluminosas.

Wilcox y Townsend (138), dicen que los vegetales poseen un 70% de potasio libre en el jugo celular y solamente el 30% se halla asociado con las proteínas.

Es creencia común de que los suelos tropicales tienen muy poco potasio, como consecuencia de una fuerte meteorización y consiguiente lavado. Este concepto es falso en muchos casos, debido a las distintas condiciones que dan origen a la formación de estos suelos (88).

Deleano y sus colegas de Bucarest citados por Russell (112), han demostrado que la cantidad total de potasio en las partes aéreas de las plantas tales como cereales y tabaco disminuyen hacia la terminación de su período de crecimiento y este potasio es presumiblemente excretado en el suelo dado que no apareció en la porción del sistema radicular que ellos pudieron separar

Knill (76), advierte que es necesario la presencia de ciertos minerales capaces de atrapar este ión en forma intercambiable.

El radio iónico y el escaso o nulo poder de hidratación, hacen que el potasio se sitúe entre las partes estructurales y así quede retenido con mayor o menor fuerza (112).

La fijación del potasio es un proceso que se conoce desde hace mucho tiempo, y ha sido objeto de estudio por parte de muchos autores (112).

Se dice, según Siew (121), que de las arcillas, la que presenta menor capacidad de fijación del potasio es la

caolinita, no así la illita, vermiculita y montmorillonita que tienen un mayor poder de fijación.

Durán (47), encontró que el contenido promedio de potasio total en suelos de la baja Guajira era de 32.000 ppm lo que significa el mayor contenido encontrado hasta la presente en Colombia. Esto se debe a la influencia de los foldospatos y a la aridez del suelo.

En suelos aluviales del Amazonas el promedio fué de 10.000 ppm (20), en el valle del Cesar se han encontrado contenidos entre 11.000 y 18.000 ppm, según estudios hechos por Tafar (127).

En suelos derivados de cenizas volcánicas como los del Altiplano de Pasto, se han encontrado 8.000 ppm (102).

En las zonas de clima medio en el Departamento de Nariño dan un resultado promedio de 5.000 ppm (62).

Los del valle de Sibundoy varían entre 5.700 y 8.000 ppm (10).

Martini (88), en suelos de Panamá encontró los siguientes contenidos de potasio total: a) Suelos lateríticos: 2.041 kg/ha; b) Suelos de la sabana: 4.307 kg/ha; c) Suelos aluviales: 6.232 kg/ha; d) Suelos volcánicos: 17.007-17.057 kg/ha.

En el Valle del Cauca, han sido encontradas cantidades más bajas de potasio total según estudios hechos por Bóhiques (27), quien en una determinación halló 5.000 ppm.

El potasio estructural es la fracción que forma parte de la constitución cristalina de los minerales, a la vez

que constituye el mayor porcentaje de potasio total, (128).

Tafur (128), encontró en suelos del valle del Cesar, que el potasio estructural constituía el 95% del potasio total. En los suelos volcánicos de clima medio en Mariño y en el valle de Sibundoy se encontró que es del orden del 75% (10).

De los estudios realizados en Colombia, se puede ver que el potasio, en su fracción intercambiable y no intercambiable, abunda en mayor porcentaje en suelos volcánicos que en los no volcánicos (10, 62).

Parece existir un equilibrio entre las diferentes formas de potasio, por lo cual Kauffman y Bouldin (78), consideran en equilibrio constante el paso de potasio intercambiable a la fase líquida, ya que se efectúa rápidamente.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Muestreo

Para la realización del presente estudio, se tomaron muestras de los dos primeros horizontes de diez perfiles diferentes de la Sabana de Tóquerres, en suelos bajo condiciones de pradera.

Se escogieron los sitios siguientes: El Egipino, Recta de Guachucal, Entrada a Guachucal, Recta a Cumbal, Tasmá (vía a Miraflores), Providencia (vía a Panam), Puente de San Juan (vía a Sapuyes), Puente de Cuslanquizán, San Roque (vía a Olaya) y Tóquerres representativos de la zona estudiada (Figuras 1 y 2).

Los materiales empleados en el trabajo de campo fueron: machetes, palas, barrenos, cinta métrica, bolsas de polietileno y etiquetas.

Se procedió a limpiar el perfil, luego se tomó aproximadamente un kilo de muestra, tanto para suelo como para subsuelo.

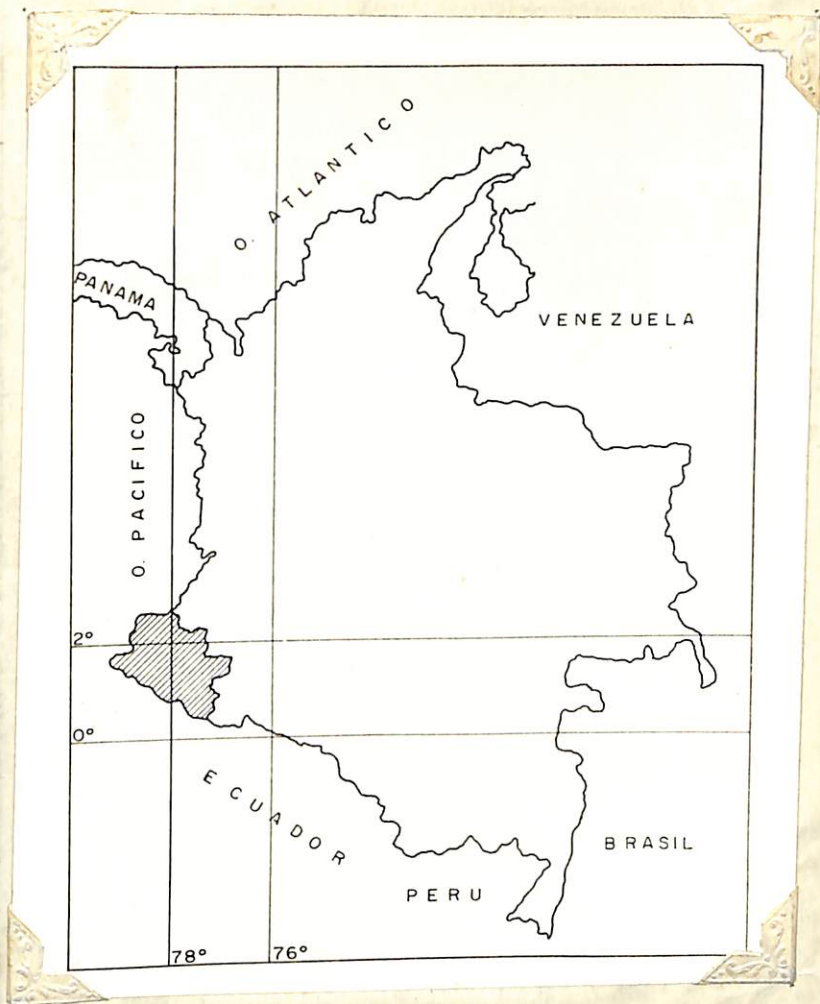


Figura 1

Localización del Departamento de Nariño en la República de Colombia

Fotocopia: I. Santacruz

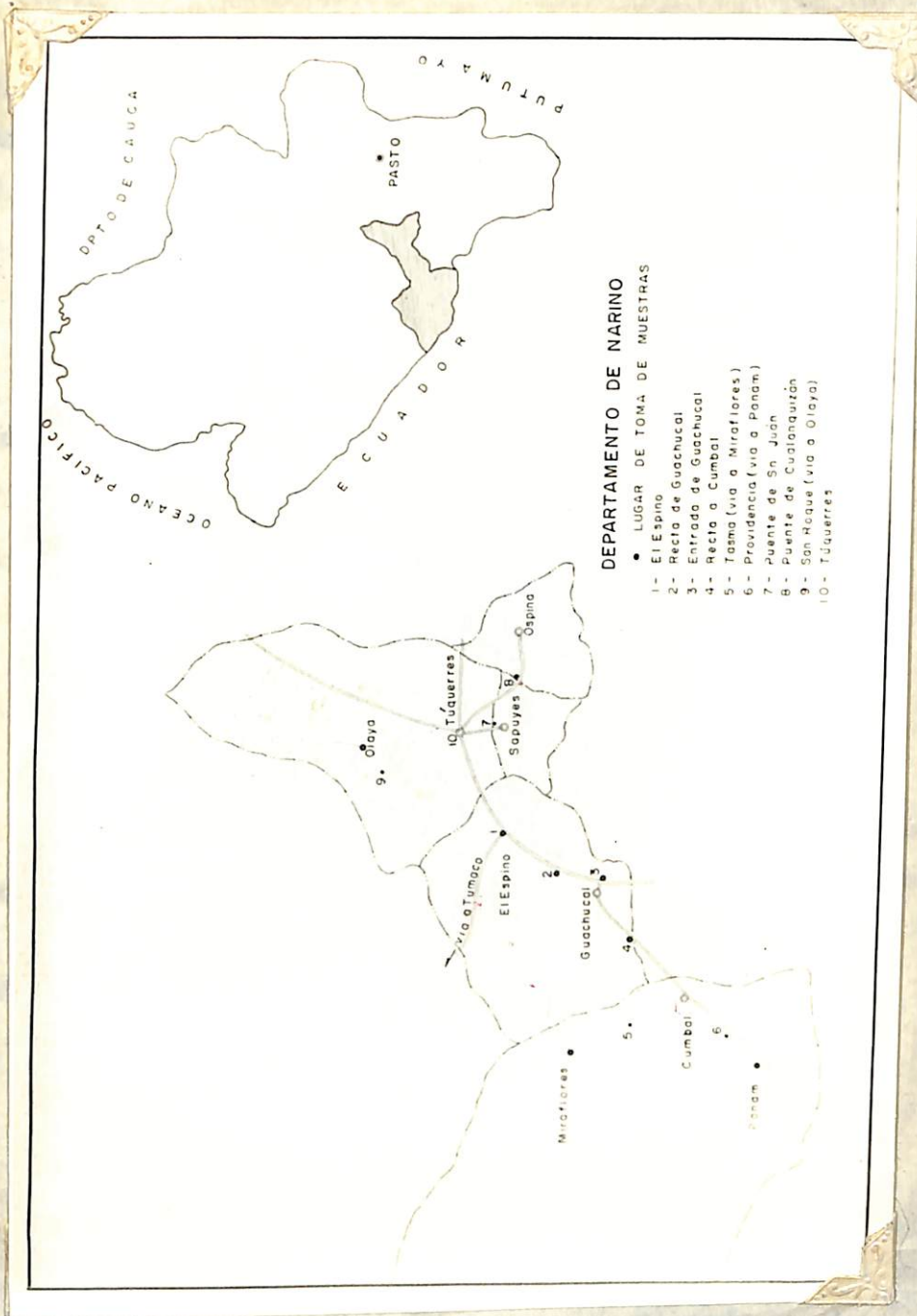


Figura 2

Localización de la zona estudiada en el Departamento de Narino. Sitios de toma de muestras.

Fotocopia: I. Santacruz

Las muestras fueron llevadas al laboratorio en bolsas de polietileno, se secaron al aire libre, se pasaron a través de un tamis de 2 mm y se guardaron en frascos de vidrio.

### 3.2 Métodos

Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

#### 3.2.1 Métodos para el análisis físico-químico

##### 3.2.1.1, Color del suelo

Se determinó en el campo bajo condiciones de humedad y en el laboratorio en las mismas muestras secas al aire, para la identificación del color se utilizó la carta de colores Munsell (100).

##### 3.2.1.2 Humedad

Se calculó el porcentaje de agua retenido por el suelo, expresado en base seca, se desecó la muestra en la estufa a 105°C durante 24 horas (Silva et al 122).

##### 3.2.1.3 Textura

Se hizo la determinación mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos (31), basado en la velocidad de caída de las partículas en un medio acuoso.

#### 3.2.1.4 Reacción del suelo

El pH se determinó, mediante un potenciómetro tipo Beckman H-2 en una mezcla suelo: agua 1:1 (Jackson, 72).

#### 3.2.1.5 Carbono orgánico

Se determinó mediante el método de Walkley-Black (135).

#### 3.2.1.6 Materia orgánica

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724 (Jackson, 72).

#### 3.2.1.7 Relación Carbono-nitrógeno

Se calculó dividiendo el porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de nitrógeno total.

#### 3.2.1.8 Capacidad catiónica de cambio

Se determinó por el método descrito por Schollenberger y Simon (Jackson, 72), que consiste en la utilización del acetato de amonio normal y neutro.

3.2.1.9 Cationes intercambiables

En el extracto obtenido anteriormente se determinaron los cationes potasio, calcio, magnesio y sodio, por medio de un espectrofotómetro de llama Coleman Modelo 21, siguiendo lo indicado por Jackson (72).

3.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno

3.2.2.1 Nitrógeno total

Se determinó por el método de Kjeldhal modificado, por digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado para luego hacer una destilación con hidróxido de sodio al 40% y recolectar el  $N-NH_3$  en una solución de ácido bórico al 4%. Luego se valora el destilado con ácido sulfúrico 0,1 N (Bremner, 35 Cornfield, 44).

3.2.2.2 Nitrógeno inorgánico

Se determinó según el método de Bremner (36), que consiste en pesar 5 gr de suelo y colocarlos en frascos de polietileno, adicionando 100 ml de la mezcla extractora HCl N HF N durante 24 horas. Luego se filtra y se recoge en un vaso de precipitado, se toma de este filtrado una alícuota de 25 ml que se neutralizan con NaOH 2N, usando un potenciómetro de Beckman para determinar el pH.

Los 25 ml son llevados a destilación usando 50 ml de borato amortiguado, completando el volumen en un balón de destilación a 300 ml utilizando agua destilada, el destilado

es atrapado con 15 ml de ácido bórico al 1%, titulándose con ácido clorhídrico 0,01 N usando rojo de metileno y azul de metileno como indicador.

### 3.2.2.3 Nitrógeno orgánico.

Se lo obtiene mediante la sustracción de la determinación del nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico de los suelos (Blasco, 21).

### 3.2.2.4 Nitrógeno intercambiable (N-NH<sub>4</sub> intercambiable)

Se siguió la marcha analítica propuesta por Blasco y Cornfield (25). Se pesaron 5 gramos de suelo, se colocaron en frascos de polietileno, luego se adicionaron 100 ml de cloruro de calcio normal, se mantuvo la mezcla en agitación continua durante 24 horas y se filtró recogiendo el extracto en un vaso de precipitación. Para la destilación se utilizó el procedimiento indicado en el nitrógeno inorgánico.

### 3.2.2.5 Nitrógeno nativo fijo. (N-NH<sub>4</sub> nativo fijo).

Se lo obtiene mediante la diferencia entre el nitrógeno inorgánico y el nitrógeno intercambiable (Blasco, 21).

### 3.2.2.6 Nitrógeno amoniacal. ( $\text{N-NH}_3$ ).

Se siguió el método de microdifusión propuesto por Bremner y Shaw (36). Se agitaron 5 gr de suelo con 25 ml de cloruro de sodio normal durante 15 minutos y se filtró. Se tomó una alícuota de 5 ml de extracto, se pipeteó en la cámara interior de la celda y se mezcló inmediatamente con ml de una suspensión de óxido de magnesio (12% p/v), preparada al momento de ser utilizada; previamente se adicionaron 2 ml de ácido bórico al 2% en la cámara interior.

Las cámaras se cerraron inmediatamente después de adicionar los reactivos, se sellaron con vaselina y se mezcló a continuación por rotación de los reactivos y el extracto; se mantuvo por 48 horas a temperatura ambiental en el laboratorio, finalmente se tituló la cámara interior con ácido clorhídrico 0,01 N utilizando indicador mixto.

### 3.2.3 Fraccionamiento del fósforo

Se utilizó el método seguido por Chang y Jackson (46), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (118, 119), para distinguir las fracciones de fósforo unidas al calcio.

#### 3.2.3.1 Fósforo fácilmente reemplazable.

Se tomó un gramo de suelo, se agitó durante 30 minutos con 50 ml de cloruro de amonio normal, se sometió a centrifugación para tomar una alícuota de 2 ml. Se hizo la lectura colorimétrica empleando la técnica del cloruro-stannoso-cloromolibdica.

3.2.3.2 Fósforo unido al calcio no apatítico.

Se obtuvo mediante agitación del suelo residual con 50 ml de ácido acético 0,5 N durante una hora.

3.2.3.3 Fósforo unido al aluminio.

Se lavó el suelo residual con agua destilada, se centrifugó, se agitó durante una hora con fluoruro de amonio 0,5 N y neutro, se adicionaron 2 ml de ácido bórico 0,8 Molar para evitar las interferencias del fluor en el complejo fosfomolibdico azul.

3.2.3.4 Fósforo unido al hierro.

El suelo residual de la extracción anterior, se lavó con 50 ml de solución de cloruro de sodio saturada, se sometió a agitación durante 15 minutos, se centrifugó, se botó el líquido sobrenadante. Sobre el suelo se añadió 50 ml de hidróxido de sodio 0,1 N y se agitó durante 17 horas, se centrifugó, el líquido sobrenadante se trasvasó y se añadieron gotas de ácido sulfúrico concentrado para remover la materia orgánica presente en el extracto alcalino.

3.2.3.5 Fósforo unido al calcio apatítico.

Al suelo de la extracción anterior, se lo trató con 50 ml de ácido sulfúrico 0,5 N, se agitó durante una hora, luego se centrifugó.

### 3.2.3.6 Determinación del fósforo orgánico.

Se determinó mediante el método de ignición de Saunders y Williams (115). Se tomó un gramo de suelo y se agitó con 50 ml de ácido acético N durante 5 minutos, se centrifugó, el líquido sobrenadante se decantó. El suelo residual se trató con 50 ml de ácido sulfúrico 0,2 N, se agitó durante 30 minutos, se filtró a través de papel filtro SS cinta azul, se lavó después con agua destilada para remover todo el fósforo inorgánico junto con los carbonatos libres presentes en el suelo.

Se pasó el suelo con papel filtro a crisoles de arcilla, se sometió a ignición durante dos horas, a una temperatura de 550°C, se llevó a agitación con 10 ml de ácido sulfúrico 0,2 N durante 30 minutos, se filtró el extracto, se tomó una alícuota de 2ml y finalmente se hizo la lectura correspondiente con base en la técnica de color azul.

### 3.2.3.7 Determinación del fósforo total.

Se determinó mediante el método de fusión con carbonato de sodio descrito por Jackson (72). A un gramo de suelo molido se adicionaron 5 gr de carbonato de sodio anhidro, se llevó a fundición en crisol de platino, dejándose enfriar luego, se añadieron 20 ml de ácido clorhídrico 6 N, se llevó a filtración, se lavó con agua destilada y se tomó una alícuota de 2 ml finalmente se hizo la lectura correspondiente empleando la técnica del color azul.

### 3.2.3.8 Fósforo inerte.

Se determinó mediante cálculo, restando del fósforo total la suma de las fracciones inorgánicas más el fósforo orgánico.

3.2.3.9 Fósforo aprovechable

Se utilizó el método Bray I, cuya técnica es descrita por Saiz y Bornemisza (114).

### 3.2.4 Fraccionamiento del potasio

#### 3.2.4.1 Potasio total.

Se utilizó el procedimiento descrito por Jackson y Sherman (70). Se tomó un gramo de suelo, se colocó en un crisol de platino, se humedeció el suelo con gotas de ácido sulfúrico 18 N, se adicionó un ml de ácido perclórico y 5 ml de ácido fluorhídrico del 48%. El crisol se tapó, se dejó una pequeña abertura con el objeto de que los vapores salieran libremente, se calentó a una temperatura de 200-225°C hasta sequedad, mediante ebullición constante.

El anterior procedimiento se realizó tres veces, se agregaron gotas de ácido sulfúrico 18 N y se calentó hasta producir humos. El crisol se dejó enfriar, seguidamente se adicionaron 5 ml de ácido clorhídrico 6 N y 15 ml de agua destilada. El crisol se pasó a una plancha para calentamiento hasta que la mezcla hirvió. Se deja enfriar, se filtra y se lleva a volumen conocido, para efectuar su correspondiente lectura en el espectrofotómetro Coleman.

#### 3.2.4.2 Potasio soluble en agua

Se utilizó el método descrito por McLean (84), con algunas modificaciones: usando la relación suelo-agua 1:4, agitándose por dos horas y dejando luego en reposo durante 16

horas. Se filtra y se lleva a volumen conocido, se leyó luego en el espectrofotómetro.

#### 3.2.4.3 Potasio intercambiable.

Se siguió el método común de extracción con acetato de amonio normal y neutro, descrito según la técnica de Schollenberger y Simon (117).

#### 3.2.4.4 Potasio intercambiable ( $\text{HNO}_3$ 0,1 n)

Se determinó de acuerdo a Haylock (66), con las modificaciones hechas por McLean (85). Se tomaron 5 gramos de suelo, se colocaron en un vaso de precipitados, se añadieron 50 ml de ácido nítrico 0,1 N, se dejó en reposo durante la noche, se filtró, se llevó a volumen conocido para la correspondiente lectura en el espectrofotómetro.

#### 3.2.4.5 Potasio no intercambiable.

A. Total. El filtro con el suelo utilizado en la extracción anterior, se llevó a un vaso de precipitados, se añadieron 50 ml de ácido nítrico 1 N, se mantuvo a ebullición durante 10 minutos, se llevó a volumen conocido y se leyó en el espectrofotómetro.

Sobre el mismo filtro se repitió la extracción anterior tres veces consecutivas. Según McLean (85), la suma de las cuatro extracciones equivale al potasio no intercambiable total. En cada extracción se llevó a volumen conocido.

B. Fracción más soluble del potasio no intercambiable. Según McLean (85), y de acuerdo al procedimiento anterior, la suma de las extracciones 1 y 2 menos la suma de las extracciones 3 y 4, representan la fracción más soluble del potasio no intercambiable.

#### 3.2.4.6. Lixiviación del potasio.

Se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Garman (63), con ligeras modificaciones: 10 gramos de suelos se colocaron en un embudo con papel filtro Whatman No. 1. Durante diez días consecutivos se adicionaron 100 ml de ácido clorhídrico 0, 01 N y se determinó diariamente en la fracción lixiviada la cantidad de potasio mediante lecturas en el espectrofotómetro.

#### 3.2.4.7 Fracción estructural del potasio.

La diferencia entre el potasio total y la suma de las fracciones intercambiables y no intercambiables obtenidas con ácido nítrico de como resultado la fracción del potasio estructural (\*).

#### 3.2.4.8 Sodio total.

Se siguió la misma técnica para la determinación del potasio total.

---

(\*) Comunicación personal: Mario Blasco L.

### 3.2.5 Métodos estadísticos.

#### IV ESTADÍSTICA Y REGRESIÓN

Para el estudio de la Correlación y Regresión Simple se utilizó el método de los Mínimos Cuadrados. Para la significación de uso las tablas de Fisher. (60).

Los datos estadísticos se presentaron en los cuadros I a VI. En general, los rangos más elevados se obtuvieron en las variedades que contienen, para destacar sus propiedades nutritivas por el alto contenido de proteínas y los aceites por el alto contenido de lípidos. De acuerdo a la Tab. Análisis (124) estos aceites están dentro de los grupos de aceites (olefináceos, o de los hidrocarburos, con función insaturada de tipo alifático, olefino de baja temperatura, y alifáticos, o aceites con una de un 50% de esteroides puros, como es la fracción de lípidos y aceites (que son otros aceites volátiles).

#### 4.2 Exposición de los resultados.

Los resultados obtenidos para el estudio de la exposición en los cuadros VII a VIII. La representación gráfica de los resultados aparece en los cuadros I a IV.

#### 4.2.1 Métodos de análisis.

Completamente se concentraron en el estudio de la exposición en los cuadros VII a VIII. Los datos estadísticos se presentaron en los cuadros I a IV. En general, los rangos más elevados se obtuvieron en las variedades que contienen, para destacar sus propiedades nutritivas por el alto contenido de proteínas y los aceites por el alto contenido de lípidos. De acuerdo a la Tab. Análisis (124) estos aceites están dentro de los grupos de aceites (olefináceos, o de los hidrocarburos, con función insaturada de tipo alifático, olefino de baja temperatura, y alifáticos, o aceites con una de un 50% de esteroides puros, como es la fracción de lípidos y aceites (que son otros aceites volátiles).

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Características generales de los suelos.

Algunas de las características generales de los suelos estudiados se presentan en las Tablas I a V. En general sus rasgos son comunes a otros suelos volcánicos previamente estudiados, pero destacan dos propiedades bastante peculiares: la alta retención de humedad y los elevados porcentajes de arena en la mayoría de los suelos. De acuerdo a la 7a. Aproximación (124) estos suelos estarían dentro de dos grandes grupos de suelos: Cryandptos, o suelos volcánicos con fuerte incidencia de hidromorfismo, además de baja temperatura, y Vitrandptos, o suelos con más de un 60% de materiales piroclásticos en la fracción de limos y arenas (suelos vítreos arenosos volcánicos).

### 4.2 Fraccionamiento del nitrógeno.

Los resultados obtenidos para el nitrógeno se presentan en las Tablas VI a VIII. La representación gráfica de los resultados aparecen en las Figuras 3 y 4.

#### 4.2.1 Nitrógeno total

Cuantitativamente la concentración de nitrógeno total es menor que en los otros suelos volcánicos estudiados hasta ahora (Bastidas et al, 10; Molina y Blanco, 94; Rosero, 110). Sin embargo, si se considera el espesor de los horizontes

T A B L A I

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Nombre de la muestra	Prof en		C O L O R		Arena	Arcillas	Láminas	Textura
	Cms.	%	En seco	En húmedo				
EL ESPINO	0 - 90	34,34	10YR-3/2	10YR-2/1	63,80	11,40	24,80	F-A (*)
RECTA DE GUACHUCAL	0 - 60	29,57	10YR-4/1	10YR-3/1	61,44	9,60	28,96	F-A
ENTRADA A GUACHUCAL	0 - 70	32,84	10YR-4/1	10YR-3/1	56,08	15,20	28,72	F-A
RECTA A CUNRAL	0 - 100	25,69	10YR-3/1	7,5YR-2/0	56,20	13,40	30,40	F
TASMA	0 - 100	16,97	10YR-4/1	10YR-3/1	52,40	13,60	34,00	F
PROVIDENCIA	0 - 180	44,72	10YR-3/1	7,5YR-2/0	69,20	10,80	20,00	F-A
PUNTE DE SAN JUAN	0 - 70	15,02	10YR-3/1	7,5YR-2/0	48,40	16,80	34,80	F
FUENTE DE CUALANQUIZAN	0 - 110	12,64	10YR-4/1	10YR-2/1	49,60	30,40	20,00	F-AF
SAN ROQUE	0 - 120	64,96	10YR-3/1	7,5YR-2/6	68,40	23,60	8,00	F-AF-A
TUQUERRES	0 - 90	36,13	10YR-7/2	10YR-4/3	71,60	8,80	19,60	F-A

(\*) F = Franco; A = Arenoso; AF = Arcilloso

T A B L A II

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUBSUELO )

Nombre de la muestra	Prof en Cms.	Humedad		C O L O R		Arena %	Arcillas %	Limon %	Textura (u)
		%	En seco	En húmedo	%				
EL ESPINO	90 - 130	4,94	10YR-6/4	7,5YR-4/4	75,96	6,20	16,84	A-F	
HOYA DE GUACHUCAL	60 - 150	17,51	10YR-6/2	10YR-3/3	54,32	11,00	34,68	F	
ENTRADA A GUACHUCAL	70 - 150	21,77	10YR-5/3	10YR-3/3	51,84	24,08	24,08	F-Ar-A	
HOYA A CUMBAL	100 - 170	8,37	2,5YR-8/2	10YR-6/3	43,60	19,60	46,70	F	
TASMA	100 - 250	29,44	10YR-8/4	10YR-4/4	42,40	13,60	34,00	F	
PROVIDENCIA	180 - 210	9,71	10YR-5/4	10YR-3/3	36,00	14,00	50,00	F-L	
PUEBLO DE SAN JUAN	70 - 120	23,85	10YR-6/8	7,5YR-5/6	34,00	39,60	26,40	F-Ar	
PUEBLO DE CUALANQUIZAN	110 - 260	26,04	10YR-7/2	2,5YR-5/2	46,80	32,40	20,80	F-Ar	
SAN ROQUE	120 - 145	28,61	10YR-7/3	7,5YR-4/4	60,00	8,80	31,20	F-A	
TUCURRES	90 - 130	21,07	10YR-8/1	2,5YR-6/2	37,20	38,80	24,00	F-Ar	

(u) F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso; L = Limoso

F A B L A III

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e./100 gr	Bases cambiables en ppm			
							K	Ca	Mg	Na
EL ESPINO	5,1	1,61	0,51	2,77	3,15	20,22	104,11	161,20	490,06	39,63
RECTA DE GUACHUCAL	6,2	5,45	0,37	9,39	14,50	16,10	237,31	816,29	617,17	84,87
ENTRADA A GUACHUCAL	6,3	3,60	0,24	6,20	14,40	16,60	723,37	4.144,60	2.019,16	117,68
RECTA A CUMBAL	5,5	5,30	0,34	9,13	15,40	23,63	125,69	3.946,66	2.026,62	144,54
TASMA	5,7	4,21	0,35	7,25	11,82	16,00	479,57	1.087,82	961,49	94,16
PROVIDENCIA	5,6	6,94	0,38	11,96	17,90	16,64	151,95	3.111,48	1.101,61	89,73
FUENTE DE SAN JUAN	5,9	2,76	0,35	4,75	7,73	19,84	609,60	2.748,97	1.398,64	47,16
FUENTE DE GUALANQUIZAN	5,8	2,25	0,11	3,87	19,90	21,51	444,93	3.108,86	1.953,17	114,89
SAN ROQUE	5,9	5,77	0,38	9,94	15,10	19,50	276,31	280,43	1.604,73	685,83
TUCUERRES	6,6	0,33	0,10	0,56	3,11	22,05	775,94	4.097,51	1.903,64	110,94

T A B L A IV

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUBSUELO )

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	K.O. %	C/N	C.C.C. m.e./100 gr	Bases cambiablos en ppm			
							K	Ca	Mg Na	
EL ESPINO	6,8	0,94	0,07	1,62	12,70	13,54	123,30	41,97	283,37	34,11
RECTA DE CHACHICAL	5,8	1,65	0,11	2,84	15,00	9,05	185,07	763,81	680,14	79,32
ERRADA A GUACHUCAL	6,6	1,82	0,06	3,13	20,70	15,16	627,02	2.289,27	1.741,31	172,91
RECTA A CUMBAL	6,7	0,39	0,08	0,67	4,48	8,70	387,42	574,36	956,69	141,96
TAMBA	6,4	0,77	0,12	1,32	6,40	11,20	152,09	1.307,34	1.378,79	331,37
PROVIDENCIA	5,8	1,32	0,10	2,27	13,20	4,50	82,29	104,22	434,89	32,91
FUENTE DE SAN JUAN	6,5	0,30	0,05	0,51	15,30	12,70	603,89	2.501,77	1.771,05	215,45
FUENTE DE CUALANQUIZAN	6,1	0,75	0,09	1,29	8,30	6,30	286,74	3.478,70	306,53	159,44
SAN ROQUE	6,2	1,93	0,13	3,32	14,50	12,98	623,76	874,54	860,14	279,73
TUQUERENS	6,7	1,16	0,05	2,00	20,71	12,83	709,47	1.816,05	1.068,80	63,56

T A B L A V

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Características Químicas	S U E L O			S U B S U E L O		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	6,60	5,86	5,10	6,80	6,36	5,80
Carbono Orgánico %	6,94	3,82	0,33	1,93	1,10	0,30
Nitrógeno Total %	0,51	0,32	0,10	0,13	0,09	0,05
Materia Orgánica %	11,96	6,58	0,56	3,32	1,90	0,51
Relación C/N	19,90	12,30	3,11	20,71	13,12	4,48
C.C.C. m.e./100 gr	23,63	19,20	16,11	15,16	10,69	4,50
Potasio de Cambio en ppm	775,94	392,87	104,11	709,47	378,10	82,29
Calcio de Cambio en ppm	4.144,60	2.350,39	161,20	3.478,70	1.375,21	41,97
Magnesio de Cambio en ppm	2.026,62	1.407,63	490,06	1.771,05	948,17	283,37
Sodio de Cambio en ppm	885,83	172,94	39,63	331,37	151,07	32,91

T A B L A VI

FRACCIONES DE NITROGENO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	N-Total	N-Organico	N-NH <sub>4</sub> INORGANICO			
			Total	Nat.fijo	Intero.	
EL ESPINO	5.103,10	4.692,00	410,10	291,00	120,10	221,10
RECTA DE GUACHUCAL	3.770,90	3.630,80	140,10	52,99	87,11	131,10
ENTRADA A GUACHUCAL	2.490,50	2.279,30	211,20	189,80	91,40	230,10
RECTA A CUMBAL	3.440,10	3.070,00	370,10	256,10	105,09	41,00
TASMA	3.560,80	3.239,60	321,20	230,00	91,14	201,70
PROVIDENCIA	3.871,10	3.701,00	170,10	58,00	112,10	210,80
PUNTE DE SAN JUAN	3.570,30	3.290,10	280,20	189,40	90,80	192,00
PUNTE DE CUALANQUIZAN	1.130,50	939,40	191,10	49,60	141,50	80,70
SAN ROQUE	3.830,70	3.579,80	250,90	60,10	190,80	141,00
TUQUERRES	1.061,00	850,80	210,20	38,80	171,40	111,30
Promedio	3.182,90	2.927,28	255,62	142,11	120,14	156,08
% del N-Total	100,00	91,80	8,20	4,46	3,74	4,90

T A B L A VIII

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE NITROGENO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

FRACCIONES	S U E L O			S U B S U E L O		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
N - Total	5.103,10	3.182,90	1.061,00	1.331,20	916,65	560,20
N - Orgánico	4.692,00	2.927,28	850,80	1.009,60	707,74	409,60
N-N <sub>4</sub> Inorgánico	410,10	255,62	140,10	330,70	209,91	141,40
N-N <sub>4</sub> Nativo fijo	291,00	142,11	38,80	189,60	103,41	49,60
N-N <sub>4</sub> Intercambiable	190,80	120,14	87,11	141,10	106,48	77,13
N-N <sub>3</sub>	230,10	156,08	41,00	301,10	120,10	30,40

4.2.1 Cuantitativamente la concentración de nitrógeno total es menor que en los otros suelos volcánicos estudiados hasta ahora (Bastidas et al, 10; Molina y Blasco, 94; Rosero, 110). Sin embargo, si se considera el espesor de los horizontes estudiados en realidad, el contenido de nitrógeno por hectárea de estos suelos volcánicos supera con cierta holgura al de otros suelos del sur occidental colombiano. Por esta misma razón, encontrar cantidades que superan las 1.000 ppm a profundidades mayores de un metro, es un aspecto digno de tenerse en cuenta. Hasta la fecha representarían las concentraciones promedias más altas de los suelos colombianos a esas profundidades.

La explicación de esta acumulación de compuestos nitrogenados principalmente orgánicos, se debería al hidromorfismo y bajas temperaturas que caracterizan la región estudiada. Como se sabe (Alexander, 3; Blasco, 21), estas dos condiciones favorecen la acumulación de los compuestos mencionados debido a que restringen la actividad microbial.

#### 4.2.2 Nitrógeno orgánico.

El nitrógeno orgánico en promedio representó el 91,8% y el 77,1% del nitrógeno total en la primera y segunda capa respectivamente. Es un alto porcentaje teniendo en cuenta las profundidades estudiadas. No obstante significan los promedios más bajos si se consideran otros suelos volcánicos estudiados (10, 94, 110).

La buena distribución del nitrógeno orgánico en tan gran espesor de perfil, cabe atribuírle a que los suelos volcánicos son acumulativos (Martini, 89; Taylor, 132), y se forman por deposición periódica de cenizas volcánicas sobre las vegetaciones existentes. Por otra parte, el menor promedio parece que se debe a la abundancia de la fracción arenosa en los perfiles de la región de Tiquerres.

#### 4.2.3 Nitrógeno inorgánico.

La fracción arenosa compuesta de cenizas y materiales piroclásticos, influye para que la concentración de nitrógeno inorgánico total sea tan alta. Los materiales inorgánicos llevan en su constitución ión nitrógeno, como ha demostrado Blasco (\*), al estudiar cenizas recientes del Volcán Irazú de Costa Rica. Por otra parte, en las regiones volcánicas abundan las taranakitas (Swindale, 126; Tamini et al, 131), que son compuestos amorfos inorgánicos que en su composición llevan  $N-NH_4$ . Los resultados demuestran que los materiales inorgánicos de la región estudiada son más ricos en nitrógeno que los del resto del sur occidente colombiano.

#### 4.2.4 Nitrógeno nativo fijo.

El nitrógeno nativo fijo representó el 4,5 y el 11,3% del nitrógeno inorgánico en suelos y subsuelos, mientras que el nitrógeno intercambiable alcanzó el 3,7 y 11,6%. Es decir que en la práctica ambos valores son semejantes, y en varias muestras el nitrógeno intercambiable superó al fijo, aspecto que no es frecuente en los suelos (Blasco, 14). Esto significa que los materiales inorgánicos retienen con cierta debilidad el nitrógeno ya que es fácilmente desplazable con cloruro de calcio normal.

Como señala Colmet-Daage (42), en regiones volcánicas hidromórficas como el caso que nos ocupa, la organización de los compuestos alofánicos es muy pobre. Muy probablemente, la poca coordinación de los distintos elementos, hace posible la salida del catión  $NH_4$  a posiciones de fácil extracción o intercambio.

---

(\*) Comunicación personal: N. Blasco L.

#### 4.2.5 Nitrógeno intercambiable.

Teóricamente hay suficiente nitrógeno disponible para las plantas, teniendo en cuenta los datos del nitrógeno intercambiable. Pero muy probablemente, la exigencia de estos suelos sea muy deficiente y existan problemas con los nitratos, aspecto que debe considerarse en las prácticas de manejo de fertilidad (42).

#### 4.2.6 Nitrógeno amoniacal.

Conjuntamente con los datos obtenidos para el nitrógeno intercambiable resaltan, dentro del fraccionamiento del nitrógeno, las grandes cantidades de nitrógeno amoniacal detectadas. Incluso, muchas de las muestras presentan mayores concentraciones de amoniaco insitu, que otros suelos ácidos colombianos, volcánicos y no volcánicos, aún después de nueve semanas de incubación (Blasco y Cornfield, 25; Escobar y Martínez, 51; Ibarra y Melo <sup>1</sup>).

No aparece clara la explicación, porque habría que demostrar lo contrario, ya que las condiciones del Altiplano de Tóquerres no favorecen una actividad microbial intensa. No parece muy probable que el nitrógeno amoniacal sea el producto de acumulación de una débil pero prolongada actividad microbial, porque como señalan Mortland (99) y Nommik (101), el amoniaco tiende a reaccionar con la materia orgánica, o bien como encontraron Córdoba et al (43), se pierde por volatilización aún en condiciones de suelos volcánicos ácidos. Podría sugerirse que la materia orgánica tenga por alguna circunstancia no estudiada, una retención débil del  $NH_3$ .

---

(<sup>1</sup>) Comunicación personal de A. Ibarra y L. Melo. Investigación en progreso, Fac. de Ciencias Agrícolas. Univ. de Nariño. Pasto, 1.971.

Tal vez los sitios reactivos de la materia orgánica (grupo carboxílicos y fenólicos), estén ocupados por otros elementos aluminio por ejemplo, que no dejan reaccionar plenamente al amoníaco.

#### 4.3 Fraccionamiento del fósforo

Los datos obtenidos en el fraccionamiento del fósforo se muestran en las Tablas IX a XI. La representación gráfica de los resultados aparecen en las Figuras 5 y 6.

##### 4.3.1 Fósforo total.

En relación con otros suelos volcánicos estudiados, las concentraciones promedias del fósforo total encontradas son inferiores a las correspondientes al Valle de Sibundoy (Bastidas et al, 11), y Altiplano de Pasto (Blasco, 15), y superan a las reportadas para el área de clima medio nariñense (Pantoja, 104)

Sin embargo, si no se tiene en cuenta el promedio, se puede decir que la región estudiada es aquella que presenta mayor irregularidad de distribución de fósforo total en todo el sur-occidente volcánico colombiano. Mientras hay suelos con abundante contenido de fósforo total (El Espino, Recta a Gumbal, Providencia, Puente de San Juan y Tóquerres), otras son en extremo deficientes (Entrada a Guachucal, Puente de Gualanquisán), y los restantes (Recta a Guachucal, Tasmá, San Roque), se aproximan a las cifras consideradas promedias para los suelos (Fassbender, 58). Algo similar ocurre en los subsuelos.

Parece lógico pensar que la disparidad de resultados en las concentraciones se deba a la influencia de deposiciones volcánicas con diferente contenido de fósforo en su composición.

T A B L A IX

FRACCIONES DE FOSFORO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SURLO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	Precipitado reemplaz.	P - Ca No org. fítico	P - Ca Apatit	Unido al Al	Unido al Fe	Orgánico Inorg.	Total
EL USPIO	38,62	39,46	33,58	130,98	48,69	60,45	994,11
RETA DE QUACHUCAL	19,77	12,65	118,66	69,11	42,71	29,43	550,51
HERADA A QUACHUCAL	4,98	24,90	23,24	109,59	11,79	23,44	242,43
RETA A CUMBAL	2,32	86,41	28,28	55,43	73,84	77,86	1.043,22
TARMA	43,86	5,11	62,87	150,99	27,48	81,41	797,16
PROVIDENCIA	25,32	0,90	18,09	300,68	106,73	117,00	1.030,12
FUENTE DE SAN JUAN	35,32	0,72	14,37	72,46	24,44	53,15	977,67
FUENTE DE CUALANQUIZAN	2,11	0,36	14,08	240,00	30,13	27,23	362,26
SAN ROQUE	3,15	0,53	37,11	350,80	4,12	20,71	550,86
FUCUBRENS	2,55	5,10	40,83	400,00	279,06	46,62	1.225,17
PRECEDIO	17,80	17,61	39,11	188,00	64,90	53,93	777,35
% del P-Total	2,29	2,26	5,03	24,18	8,34	6,97	100,00

T A B L A X

FRACCIONES DE FOSFORO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SURSUERO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	Fecilmente reemplaz.	P - Ca No apto titulo	P - Ca Apatit	Unido al Al	Unido al Fe	Organico	Inerte	Total
EL ESPINO	3,93	20,98	90,64	50,09	14,43	35,15	407,68	622,94
REGTA DE GUACHUCAL	8,81	99,14	86,66	26,44	40,33	63,45	133,31	458,17
SIERRADA A GUACHUCAL	14,46	7,98	24,35	45,66	10,93	43,35	380,35	527,11
REGTA A CUMBAL	2,00	53,41	85,59	190,45	70,72	68,67	29,97	500,83
TAMA	0,97	3,23	37,21	170,40	23,94	12,90	11,79	260,46
PROVIDENCIA	10,97	0,33	56,22	184,82	61,71	10,31	81,55	405,92
FUENTE DE SAN JUAN	2,32	0,40	15,48	9,53	22,82	6,00	692,62	749,22
FUENTE DE CUALANQUIZAN	2,36	0,41	15,75	19,66	1,57	6,99	94,96	141,72
SAN ROCHE	1,29	0,42	3,21	156,26	20,11	13,82	206,77	401,90
TUJUMBES	2,27	0,39	45,40	300,90	60,32	1,00	389,87	800,17
PROMEDIO	4,94	18,67	43,05	115,42	32,69	26,16	242,89	486,84
% del P-Total	1,02	3,84	8,84	23,70	6,72	5,39	49,90	100,00

T A B L A X I

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

FRACCIONES	S U E L O			S U B S U E L O		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
P - Fácilmente reemplazable	43,86	17,80	2,11	14,46	4,94	0,97
P - Ca no apatítico	86,41	17,61	0,36	99,14	18,67	0,33
P - Ca apatítico	118,66	39,11	14,08	90,64	43,05	3,21
P - Unido al Al.	400,00	188,00	55,43	300,90	115,42	9,53
P - Unido al Fe.	279,06	64,90	4,12	70,72	32,69	1,57
P - Orgánico	117,00	53,93	20,71	68,67	26,16	1,00
P - Inerte	775,19	395,96	44,46	692,63	242,89	11,79
P - Total	1.225,17	777,35	242,43	800,17	486,84	141,72

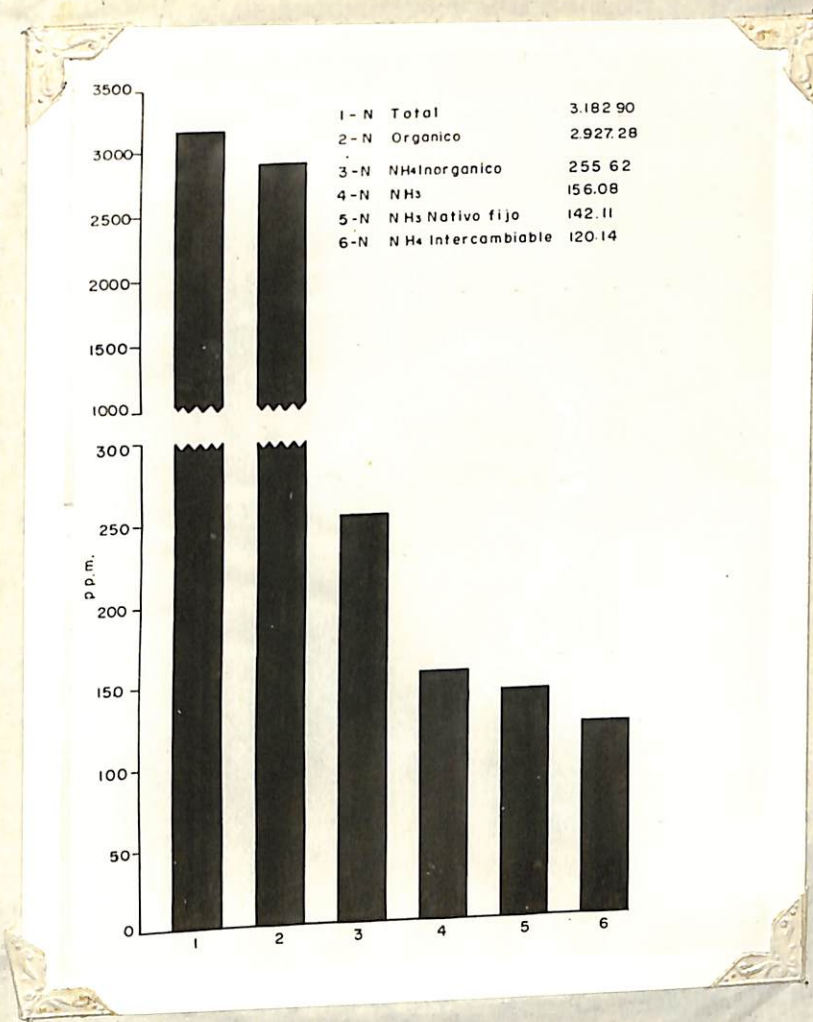


Figura 3  
Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno. Suelo.

Fotocopia: I. Sanotacruz

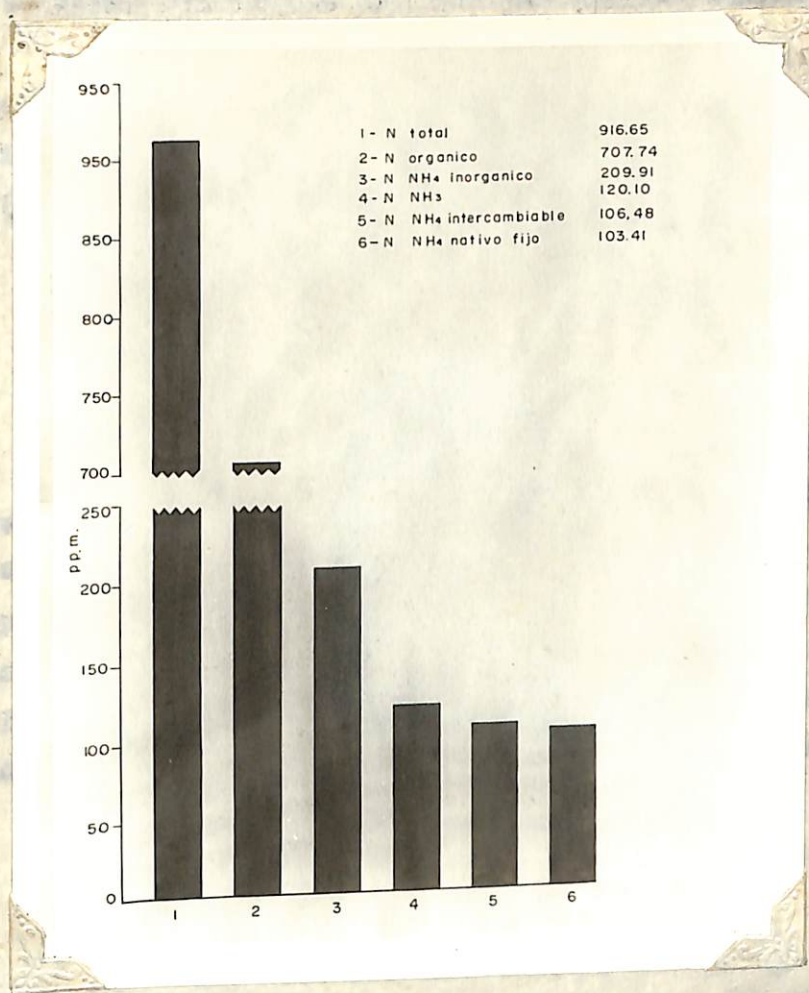


Figura 4

Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno. Subsuelo.

Fotocopia: I. Santacruz

ción. Algo similar ocurrió en el estudio de Pantoja (104), comprobándose después por López y Rodríguez (81), que ello se debía a que los materiales volcánicos del Galeras son más pobres en fósforo que los de Doña Juana. Algo similar podría ocurrir en el Altiplano de Tiqueras. Desafortunadamente solo se conoce la composición de las cenizas derivadas del Cumbal según los estudios de López y Rodríguez (81).

#### 4.3.2 Fósforo inerte.

El fósforo inerte representó el 50% del fósforo total, tanto en suelos como en subsuelos. Es un porcentaje que puede considerarse alto y que en términos prácticos, significa que la disponibilidad de fósforo en estos suelos es bastante limitada. Como se sabe (Hanotiaux, 65; Ortega, 103), las otras fracciones de fósforo pueden aportarlo, con mayor o menor dificultad a la nutrición vegetal. Pero el fósforo inerte es totalmente inasequible.

#### 4.3.3 Fósforo orgánico.

Llama la atención el bajo contenido de fósforo orgánico en suelos (6,9% del fósforo total) y en subsuelos (5,4% del fósforo total). Dentro de Colombia son los suelos volcánicos que presentan menor contenido de fósforo orgánico, como demuestran los datos de la Tabla XII, con excepción de algunos casos, la materia orgánica es muy pobre en fósforo. En conexión con estos resultados, Blasco et al (24), señalan que los materiales orgánicos del volcán Parícut también son pobres en fósforo, aunque la relación C/P-orgánico no parece ser decisiva en la mineralización (Unsworth, 49), aunque parece bastante probable que en la región estudiada,

con esas, debido no solamente a la cantidad de la materia, sino también a la condición de hidrosolubilidad y temperatura de la región de reacción. Como era de esperar en un suelo volcánico, los fosfatos de hierro y aluminio superan a los fosfatos silíceos. En relación al fósforo total, los primeros equivalen al 31,41%, mientras que los segundos solo llegan al 10,66%, cuyos resultados aparecen en la

**T A B L A    X I I**

**RELACION C/P ORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS**

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	Suelo	Subsuelo
EL ESPINO	268,33	26,86
RECTA DE GUACHUCAL	1.879,31	261,90
ENTRADA A GUACHUCAL	1.565,21	423,25
RECTA A CUMBAL	688,31	59,10
TASMA	519,75	641,66
PROVIDENCIA	593,17	1.320,00
PUENTE DE SAN JUAN	501,82	4.998,99
PUENTE DE CUALANQUIZAN	833,34	1.071,42
SAN ROQUE	2.884,99	1.484,61
TUQUERRES	71,74	11.600,00
MAXIMO	2.884,99	11.600,00
PROMEDIO	980,59	2.188,78
MINIMO	71,74	26,86

(\*) Clasificación propuesta de J. Gaudin. Investigada en progreso por el Centro de Estudios Agrícolas, Univ. de México, Fedco, 1974

sea escasa, debido no solamente a la amplitud de la relación, sino también a la condición de hidromorfismo y temperatura de la región de Táquerres. Como era de esperar en un suelo volcánico, los fosfatos de hierro y aluminio superan a los fosfatos cálcicos. En relación al fósforo total, los primeros equivalen al 31,47%, mientras que los segundos solo llegan al 10,66%, cuyos resultados aparecen en la tabla XIII.

COMPARACION DE LOS FOSFATOS DE HIERRO Y LOS FOSFATOS DE ALUMINIO Y CALCIO

El hecho de que los fosfatos de hierro sean superados por los fosfatos de aluminio significa, que, por una parte la meteorización de estos suelos es intermedia. De acuerdo a Blasco y Bohórquez (22), Hsu y Jackson (68), y Morillo y Fassbender (97), a medida que aumentan los fosfatos de hierro, la meteorización del suelo es más drástica. Los resultados en este aspecto, son similares a los obtenidos por Bastidas et al (11), en el Valle de Sibundoy.

Otro aspecto que puede explicar las bajas cantidades de fosfato de hierro obtenidas, es la condición reductora del medio. Es sabido (Savant y Ellis, 116; Williams, 139), como la solubilidad del fósforo aumenta con las condiciones reductoras del medio debido al cambio de fosfatos férricos a ferrosos, que son más fáciles de descomponer.

Al igual que ocurrió en los suelos de Sibundoy (11), la fracción de los fosfatos apatíticos fue mayor que la fracción no apatítica. De acuerdo a los resultados obtenidos por Gadbán (\*), la cantidad de calcio activo en los suelos volcánicos

(\*) Comunicación personal de J. Gadbán. Investigación en progreso  
Fac. de Ciencias Agrícolas. Univ. de Nariño. Pasto. 1971.

de de un alto porcentaje, que probablemente absorben y retienen el fósforo en forma no intercambiable (apatítica). Los fosfatos no apatíticos solamente tienen un significado, que es superior a lo normal, en los suelos de El Yagüé, Santa y Entreríos a Guaymas y Santa y Guaymas.

T A B L A XIII

4.3.4 Fosfatos intercambiables  
COMPARACION DE LOS FOSFATOS CALCICOS Y LOS FOSFATOS DE HIERRO Y ALUMINIO EXPRESADOS EN PORCENTAJES DEL FOSFORO TOTAL Y DEL FOSFORO INORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.

	Fosfatos cálcicos apatíticos y no apatíticos		Fosfatos de hierro y aluminio	
	% del P-Total	% del P-Inorgánico	% del P-Total	% del P-Inorgánico
Suelo	7,29	7,84	32,53	34,96
Subsuelo	12,68	13,48	30,42	32,36
Promedio	9,98	10,66	31,47	33,66

4.4 Disponibilidad del fósforo  
Los distintos datos obtenidos en el presente estudio de este elemento se muestran en las Tablas XVI, XVII y XVIII. La representación gráfica de los resultados aparece en las figuras 7 y 8.

es de un alto porcentaje, que probablemente reacciona y retiene al fósforo en forma no intercambiable (apatítica). Los fosfatos no apatíticos solamente tienen una figuración, que se aproxima a lo normal, en los suelos de El Espino, Recta y Entrada a Guachucal y Recta a Cumbal.

#### 4.3.4 Fósforo fácilmente reemplazable.

Esta fracción es baja en algunas muestras como Tasmá, El Espino y Puente de San Juan, en las cuales la concentración de fósforo asequible parece adecuada. La poca disponibilidad del fósforo en suelos volcánicos es un hecho usual (Fraser, 53, 55 y 56), debido al alto poder de fijación que muestra la alófana. En la Tabla XIV, se ofrecen los resultados, en algunos casos contradictorios de fósforo asequible obtenidos por el método Bray I. No se ve una explicación satisfactoria para las elevadas cantidades que se obtuvieron en algunas de las muestras. Pudo haber ocurrido una disolución anormal al tratar las muestras con los reactivos.

Las relaciones N/P-orgánico son amplias como lo demuestra la Tabla XV, lo cual de acuerdo a John et al (74) significaría predominio de los ácidos nucleicos sobre la fitina, aspecto que es favorable para la mineralización. Sin embargo es posible que las condiciones adversas anotadas previamente sean predominantes.

#### 4.4 Fraccionamiento del potasio.

Los distintos datos obtenidos en el fraccionamiento de este elemento se muestran en las Tablas XVI, XVII y XVIII. La representación gráfica de los resultados aparecen en las Figuras 7 y 8.

T A B L A   X I V

FOSFORO APROVECHABLE (BRAY I), DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	Suelo	Subsuelo
EL ESPINO	0,35	1,94
RECTA DE GUACHUCAL	6,99	2,57
ENTRADA A GUACHUCAL	66,99	2,13
RECTA A CUMBAL	1,65	66,06
TASMA	1,43	3,18
PROVIDENCIA	1,29	18,76
PUENTE DE SAN JUAN	9,28	3,04
PUENTE DE CUALANQUIZAN	1,09	1,65
SAN ROQUE	6,59	2,25
TUQUERRIS	98,00	58,62
MAKIMO	98,00	66,06
PROMEDIO	19,37	16,02
NININO	0,35	1,65

T A B L A    X V

RELACION N/P ORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	Suelo	Subsuelo
EL ESPINO	84,41	21,05
RECTA DE GUACHUCAL	128,13	17,35
ENTRADA A GUACHUCAL	106,20	20,31
RECTA A CUMBAL	44,18	12,68
TASMA	43,74	93,87
PROVIDENCIA	33,10	97,10
PUENTE DE SAN JUAN	64,74	94,92
PUENTE DE GUALANQUIZAN	41,52	128,84
SAN ROQUE	184,88	96,25
TUQUERRES	22,70	555,20
MAXIMO	184,88	555,20
PROMEDIO	75,36	113,76
MINIMO	22,70	12,68

T A B L A XVI

FRACCIONES DE POTASIO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	K		K no		K		K soluble
	Total	Estructural	Total	Intercambiable	Intercambiable	Intercambiable	
			Total	Mgs solub.	NO <sub>3</sub> H O <sub>3</sub> LN	NH <sub>4</sub> OAC N	en agua
EL ESPINO	5.910,96	5.812,82	77,91	44,06	94,03	104,11	8,73
RECTA DE GUACHUCAL	10.723,21	10.481,36	225,74	71,26	226,74	237,31	8,76
ENTRADA A GUACHUCAL	7.771,74	7.265,54	502,93	214,40	1.168,99	723,37	35,87
RECTA A CUMBAL	6.755,85	6.592,70	139,51	23,88	653,58	125,69	5,03
TASMA	5.556,10	5.401,10	153,39	82,49	374,30	479,57	15,51
PROVIDENCIA	5.390,82	5.192,99	181,18	86,83	54,41	151,95	3,99
FUENTE DE SAN JUAN	7.706,34	7.332,47	354,03	169,54	1.138,69	609,60	15,75
FUENTE DE CUALANQUIZAN	5.547,52	5.356,82	169,18	50,69	295,79	444,93	10,13
SAN ROCHE	4.681,56	4.583,20	78,85	28,71	296,92	276,31	18,14
TUCURINES	4.918,40	4.801,54	94,80	54,93	1.129,87	775,94	12,60
PROMEDIO	6.596,19	6.082,05	177,75	82,68	443,33	392,87	13,45
% del K-total	100,00	92,20	2,69	1,25	6,72	5,97	0,20

T A B L A XVII

FRACCIONES DE POTASIO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUBSUELO )  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	K Total	K Estructural	K no Intercambiable		K Intercambiable NO <sub>3</sub> O, 1N NH <sub>4</sub> OAc M	K soluble en agua	
			Total	Más solub.			
EL ESPINO	10.651,41	10.438,27	199,59	78,70	99,69	123,30	7,34
RECTA DE GUACHUCAL	10.928,43	10.675,41	243,96	90,09	120,56	185,07	3,83
ENTRADA DE GUACHUCAL	1.751,05	1.612,59	108,13	14,12	161,46	627,02	3,97
RECTA A CUMBAL	7.585,90	7.081,27	495,12	194,28	270,92	387,42	3,25
TASHA	1.682,72	1.555,01	116,50	38,83	61,61	152,09	6,80
PROVIDENCIA	8.008,83	7.450,53	554,03	202,96	120,68	82,29	5,77
PUEBLO DE SAN JUAN	2.538,92	2.414,50	111,71	49,29	544,94	603,59	10,52
PUEBLO DE CUALANQUIZAN	10.587,36	10.504,68	76,38	62,26	690,19	286,74	5,37
SAN ROCHE	12.444,30	12.327,40	103,91	39,09	498,49	623,76	7,40
TUQUEQUES	5.538,95	5.320,06	206,05	102,90	1.234,91	709,47	23,31
PROMEDIO	7.191,79	6.637,97	211,62	87,25	380,34	378,10	7,75
% del K-Total	100,00	92,55	2,94	1,21	5,14	6,62	0,10

T A B L A XVIII

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE POTASIO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en ppm

FRACCIONES	S U E L O			S U B S U E L O		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
K-Total	10.723,21	6.596,19	4.681,56	12.444,30	7.191,79	1.682,72
K-Estructural	10.481,36	6.082,05	4.583,20	12.327,40	6.637,97	1.555,01
K-no intercambiable Total	502,93	177,75	77,91	554,03	211,62	76,38
K-no intercambiable mfs solub.	214,40	82,68	23,88	202,96	87,25	14,12
K-Intercambiable NO <sub>3</sub> H O, 1N	1.168,99	443,33	54,41	1.234,91	380,34	61,61
K-Intercambiable NH <sub>4</sub> OAc N	775,94	392,87	104,11	709,47	378,10	82,29
K-Soluble en agua	35,87	13,45	3,99	23,31	7,75	3,25

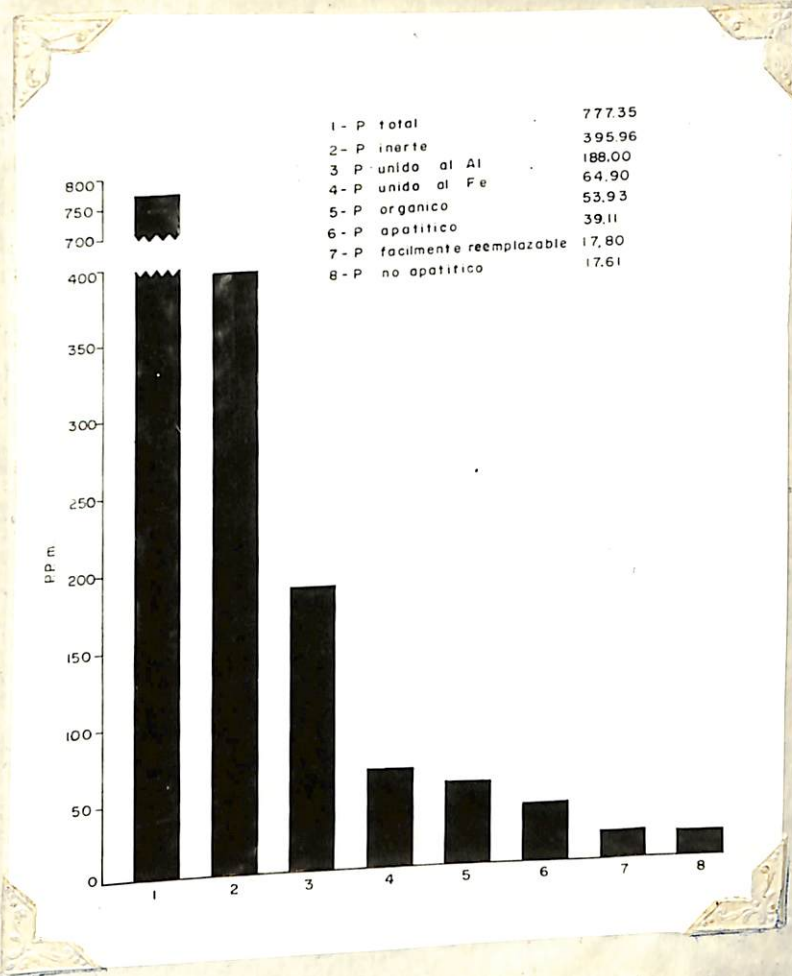
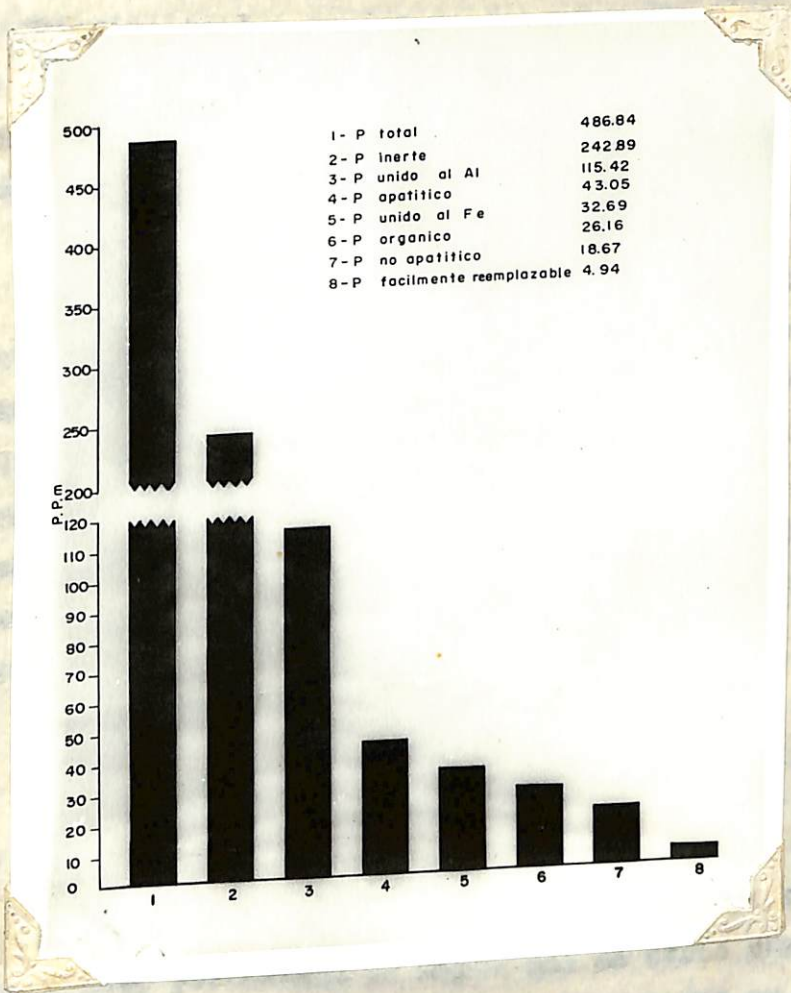


Figura 5  
Contenido promedio de las fracciones de fósforo. Suelo.

Fotocopia: I. Santacruz



**Figura 6**  
**Contenido promedio de las fracciones de fósforo. Sub suelo**

Fotocopia: I. Santacruz

#### 4.4.1 Potasio total.

La concentración de potasio total obtenida en los suelos estudiados (6.596 ppm en suelos y 7.191 en subsuelos), es similar a la obtenida en los suelos de Sibundoy (Bastidas et al, 10) e intermedia entre los valores reportados para el Altiplano de Pasto (Ordóñez, 102), cuyo contenido es más alto, y para los suelos de clima medio marifense (García, 62).

Los subsuelos estudiados se observan con algunas irregularidades. Así mientras San Roque, Recta a Guachucal, El Espino y Puente de Cualanquisán tienen una concentración alta; las muestras de la Entrada a Guachucal, Tasmá y Puente de San Juan, son muy pobres en potasio total. De acuerdo a la hipótesis de García (62) los resultados para esta región, confirman que las concentraciones de potasio total están en relación con el grado de meteorización de la región, en este caso, ambos aspectos son intermedios.

#### 4.4.2 Potasio estructural.

Esta fracción presentó el 92% del potasio total. En general este porcentaje es mayor que en otros suelos volcánicos estudiados (10, 62, 102). Podría significar que en los suelos del Altiplano de Tâquerres abundan los feldespatos (microclinos), que son los más difíciles de meteorizar (Rich, 106). Según este autor aunque puede haber en los feldespatos una ruptura de los enlaces Si-O-Si, es probable que, salvo donde exista un pH muy alto (que no es el caso del presente estudio), se forman uniones SiOH muy estables que impiden la remoción del potasio.

#### 4.4.3 Potasio no intercambiable.

Las cifras que corresponden al potasio no intercambiable y a su fracción más soluble, son muy bajas, lo cual es un problema dentro de la dinámica del potasio, porque si se agota el potasio intercambiable, no hay posibilidad de una reposición ya que todo el potasio es estructural. El suelo de El Espino es el de más grave deficiencia potásica, porque, además de bajas cantidades en la fracción no intercambiable, tampoco muestra una buena concentración de potasio intercambiable.

#### 4.4.4 Potasio intercambiable.

Los contenidos de potasio intercambiable son, en general aceptables (5, 14 a 6,72% del potasio total en promedio), determinados por cualquiera de los dos métodos empleados. Hay algunas excepciones como El Espino, ya mencionado y Providencia, que con  $\text{HNO}_3$  0,1 N, dan 94 y 54 ppm respectivamente. En los subsuelos, la mayor excepción con ese método, la constituye Tasná con 61 ppm. Por el momento, la mayoría de estos suelos funcionan bien con solo aplicaciones potásicas de sostenimiento (para evitar desbalanceamientos). Sin embargo debe tenerse cuidado en no agotarlos, puesto que las fracciones que se supone deben reabastecer las posiciones de intercambio, están prácticamente agotadas.

#### 4.4.5 Potasio soluble en agua.

El potasio soluble en agua, es menor que el que podría desprenderse de los resultados obtenidos para el potasio intercambiable. Como dicen Kauffman y Bolduin (78), entre la

fracción intercambiable y la fase líquida del suelo hay un equilibrio dinámico constante. Es probable que el secamiento de las muestras influye para que parte del potasio soluble en agua pasase a formas intercambiables.

#### 4.4.6 Lixiviación del potasio

Los resultados de las Tablas XIX y XX, muestran que estos suelos pierden el potasio, comparativamente en menores cantidades que otros suelos volcánicos estudiados (10, 62, 102). En promedio pierden menos de un 50% de potasio intercambiable. Es una buena condición de estos suelos, que demuestran una liberación lenta de potasio intercambiable. En, aproximadamente, la mitad de los suelos, las pérdidas solo ocurren en los tres primeros días de lixiviación.

#### 4.5 Relaciones estadísticas

En las tablas XXI y XXII, XIII, y en las Figuras 11, 12 y 13, se muestran las correlaciones establecidas en el presente estudio. La correlación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable no es significativa, con lo cual se sigue el mismo comportamiento que en otros suelos volcánicos colombianos (Bastidas et al, 10; Molina y Blasco, 94; Rosero, 110) y no volcánicos (Angulo et al, 6; Matta y Palacios, 90; Chamorro et al, ').

---

(') Comunicación de L. Chamorro, E. Sánchez y E. Zarama. Investigación en Progreso, Fac. de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 1.971.

T A B L A XIX

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 G.C./DIA DE HCl 0,01 N  
DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	D I A S										Total Lixiv.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EL ESPINO	33,58	1,74	1,74	0	0	0	0	0	0	0	0	37,07
RECTA DE QUACHUCAL	38,87	12,95	4,53	1,68	1,68	0	0	0	0	0	0	59,73
ENTRADA A QUACHUCAL	19,92	7,63	6,50	4,64	3,32	2,49	2,32	1,83	1,83	0,79	0,79	51,32
RECTA A GUNDAL	6,28	1,25	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	8,79
TASMA	70,18	31,58	25,73	25,73	22,22	13,21	10,29	8,77	5,84	5,84	5,84	219,43
PROVINCIA	21,70	7,23	7,23	0	0	0	0	0	0	0	0	36,18
FUENTE DE SAN JUAN	175,40	109,26	71,88	59,00	44,85	27,37	27,37	23,00	23,00	15,87	15,87	577,04
FUENTE DE CUALANQUIZAN	32,66	30,41	26,47	14,08	22,52	16,89	8,44	9,91	5,63	5,63	5,63	172,67
SAN RAFAEL	65,98	12,37	12,37	0	0	0	0	0	0	0	0	90,72
TUPURONES	13,61	5,85	6,46	5,10	5,44	5,28	4,08	2,55	2,04	0	0	50,44
<b>TOTAL</b>	<b>456,51</b>	<b>220,32</b>	<b>164,20</b>	<b>110,25</b>	<b>100,05</b>	<b>65,26</b>	<b>52,52</b>	<b>46,08</b>	<b>38,35</b>	<b>28,14</b>	<b>1.303,44</b>	

T A B L A XX

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 C.C./DIA DE HCl 0,01 N  
DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SURSUERO )

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	D I A S										Total Litiv.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
EL ESPINO	29,97	5,24	2,09	0	0	0	0	0	0	0	0	37,26
RIOJA DE QUACHUCAL	17,62	8,81	8,81	2,93	2,93	1,52	0	0	0	0	0	42,65
ENTRADA A QUACHUCAL	37,49	39,55	32,61	30,44	30,44	24,35	21,30	1,94	1,92	0,85	0,85	230,93
RIOJA A CUMBAL	20,59	18,96	16,25	16,25	13,54	8,12	8,12	6,82	6,82	5,41	5,41	120,93
TASHA	9,70	1,29	2,58	0	0	0	0	0	0	0	0	13,59
PROVINCIA	19,19	7,66	1,42	1,42	0	0	0	0	0	0	0	29,72
FUENTE DE SAN JUAN	34,05	29,72	29,72	35,91	42,10	41,86	30,96	23,28	17,09	17,09	17,09	301,81
FUENTE DE CUALANQUEZAN	15,75	11,34	12,60	7,56	9,45	8,19	8,19	8,19	4,41	4,41	4,41	90,12
SAN ROSAS	41,79	35,66	34,72	41,72	38,58	20,57	16,07	11,31	8,10	8,10	8,10	256,67
TUCUMES	13,01	12,40	11,50	11,19	12,10	10,59	9,23	8,77	8,17	7,56	7,56	104,57
<b>TOTAL</b>	<b>249,21</b>	<b>170,68</b>	<b>152,35</b>	<b>147,46</b>	<b>149,17</b>	<b>115,23</b>	<b>93,91</b>	<b>55,35</b>	<b>46,52</b>	<b>43,44</b>	<b>1.228,28</b>	

T A B L A XXI

RESUMEN DE LAS RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS (\*)

	Línea de Regresión	"r" Obtenido	"r" tabulado	
			5%	1% GL
SUELO	$Y = 0,3297 - 0,000098X$	-0,00367 NS	0,6319	0,7646 8
SUBSUELO	$Y = 0,06952 + 0,0000196X$	0,0197 NS	0,6319	0,7646 8

NS = No significativo

GL = Grados de libertad

(\*) Ver apéndice

T A B L A XXII

RESUMEN DE LAS RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS (\*)

	Línea de Regresión	"r" Obtenido	"r" tabulado $\frac{5\%}{1\%}$	GL
SUELO	$Y = 0,0656 + 0,00022X$	0,1535 NS	0,6319	0,7646 8
SUESILO	$Y = 0,04841 + 0,000030X$	0,02504 NS	0,6319	0,7646 8

NS = No significativo

GL = Grados de libertad

(\*) Ver apéndice

T A B L A XXIII

RESUMEN DE LAS RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO  
INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS (\*)

	Línea de Regresión	"r" Obtenido	"r" tabulado $\frac{5\%}{1\frac{1}{2}}$	GL
SUELO	$Y = 0,6328 + 0,0000225X$	0,0232 NS	0,6319	0,7646 8
SUBSUELO	$Y = 0,7074 + 0,0000069X$	0,7191 (*)	0,6319	0,7646 8

NS = No significativo

(\*) = Significativo al nivel del 5%

GL = Grados de libertad

(\*) Ver apéndice

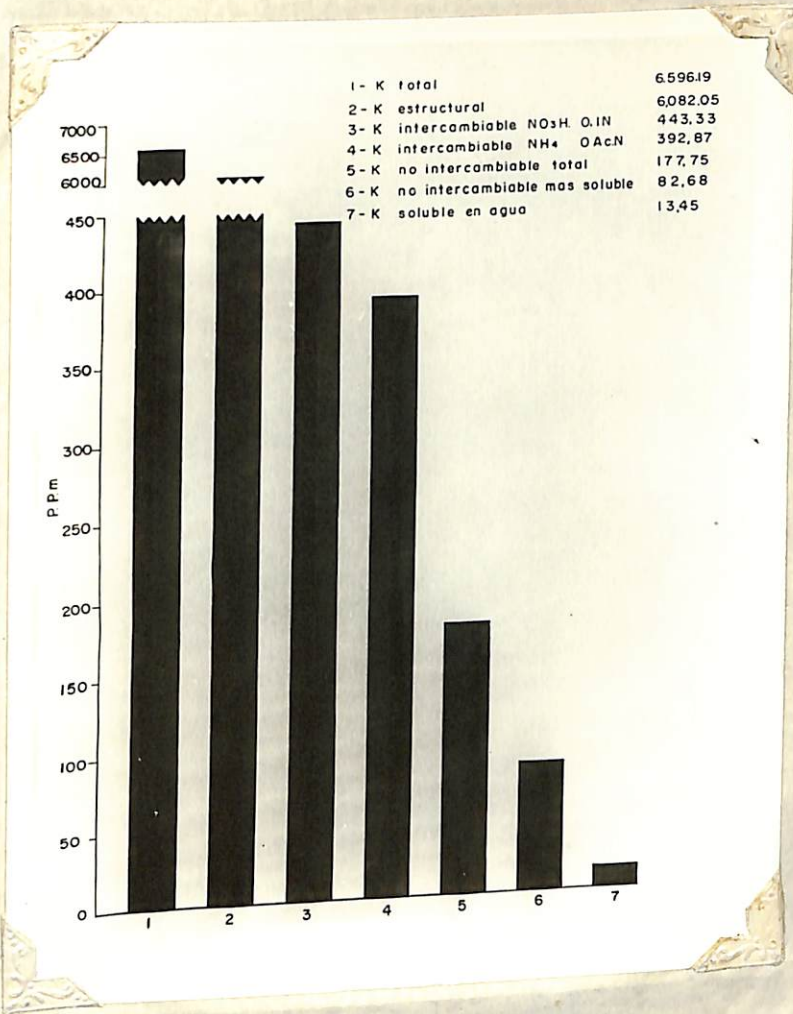
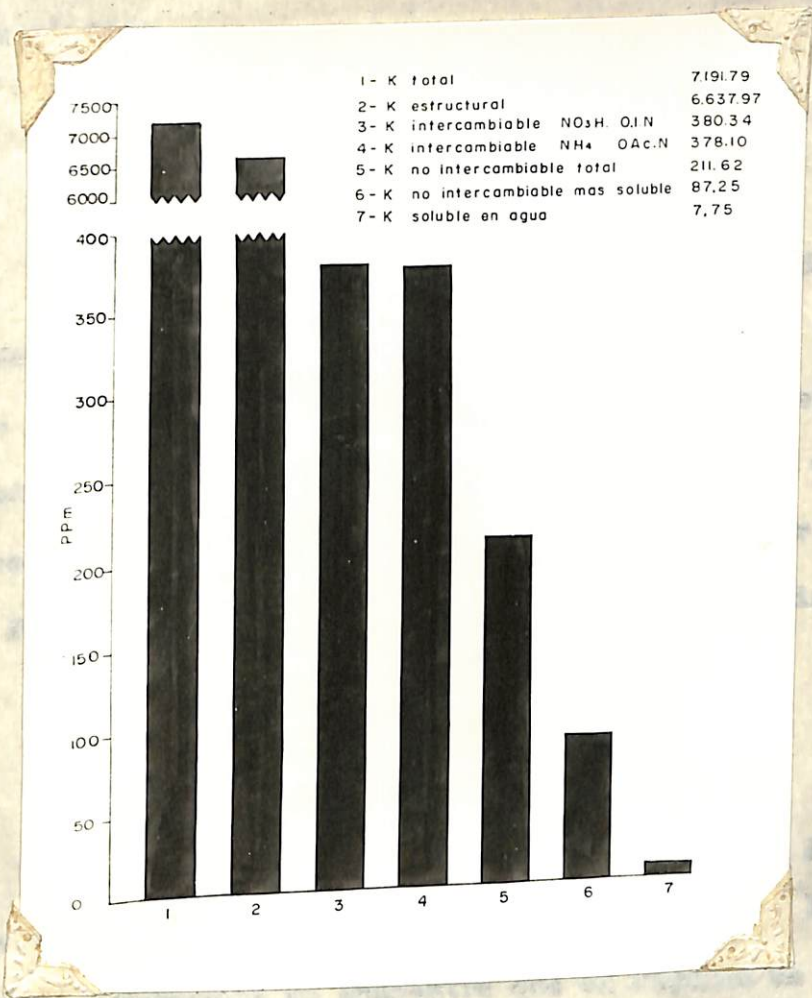


Figura 7  
Contenido promedio de las fracciones de potasio. Suelo.

Fotocopia: I. Santacruz



**Figura 8**  
**Contenido promedio de las fracciones de potasio. Subsuelo.**

Fotocopia: I. Santaorus

En este suelo al igual que en los otros, se debe determinar el nitrógeno intercambiable para predecir el nivel del nitrógeno asequible a las plantas.

Tampoco existe correlación entre el fósforo total y el fósforo orgánico hecho que con raras excepciones, también se repite en los otros suelos colombianos mencionados. Definitivamente se puede afirmar que no hay dependencia entre estas dos formas de fósforo. La relación que se recomendaría establecer ahora, es entre el fósforo total y los fosfatos de hierro y aluminio.

La correlación entre el potasio total y el potasio intercambiable, también sigue la tónica general de los suelos colombianos. Comúnmente se encuentra que en algunas de las capas estudiadas, se detecta significación. Es decir, el potasio total puede constituir, en algunos casos, un indicativo del potencial de intercambio potásico que presentará el suelo.

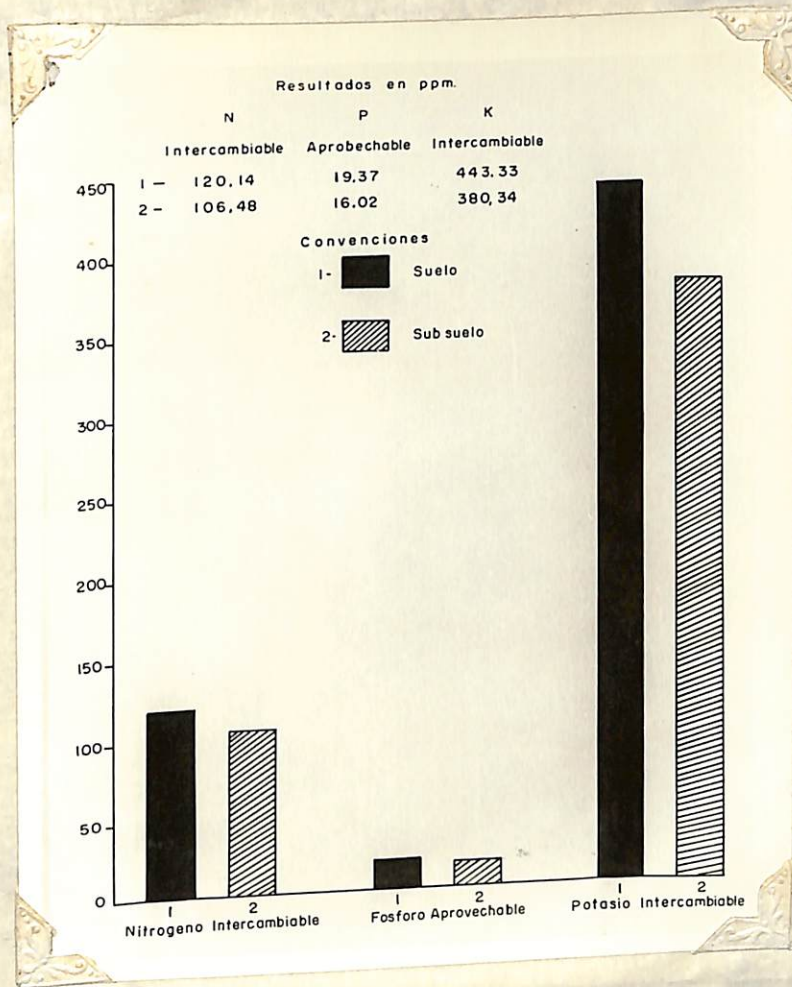


Figura 9

Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno intercambia-  
ble, fósforo aprovechable y potasio intercambiable. Suelo y subsuelo

Fotocopia: I. Santaorus

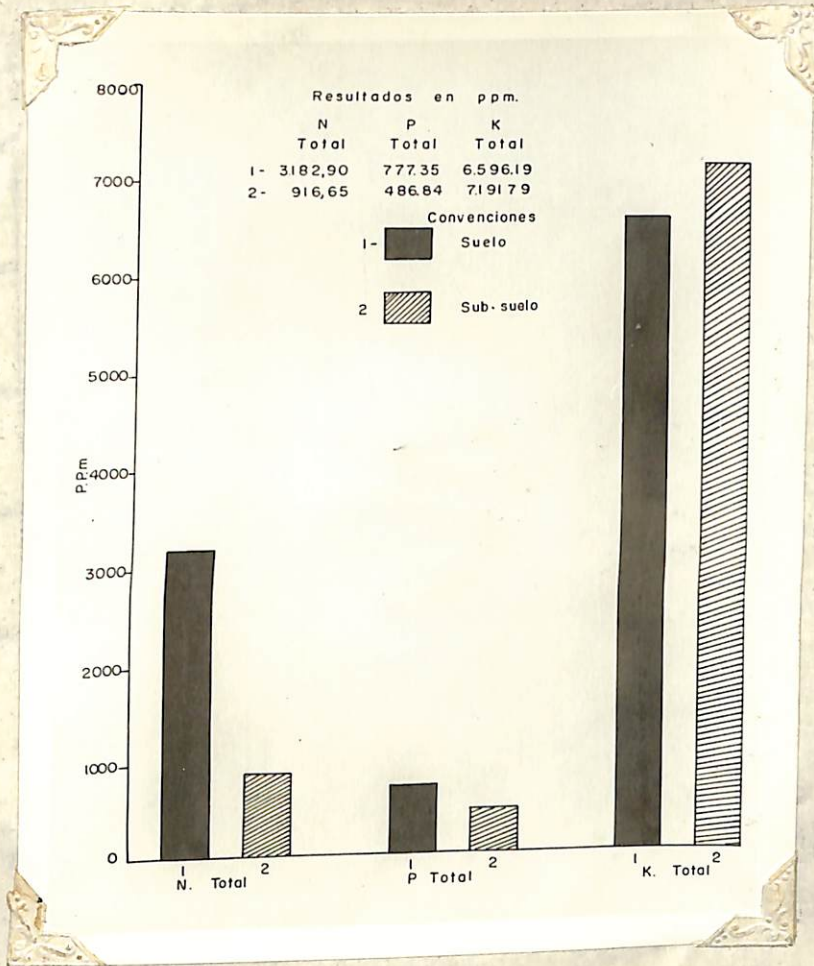


Figura 10

Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno total, fósforo total y potasio total. Suelo y subsuelo.

Fotocopia: I. Santacruz

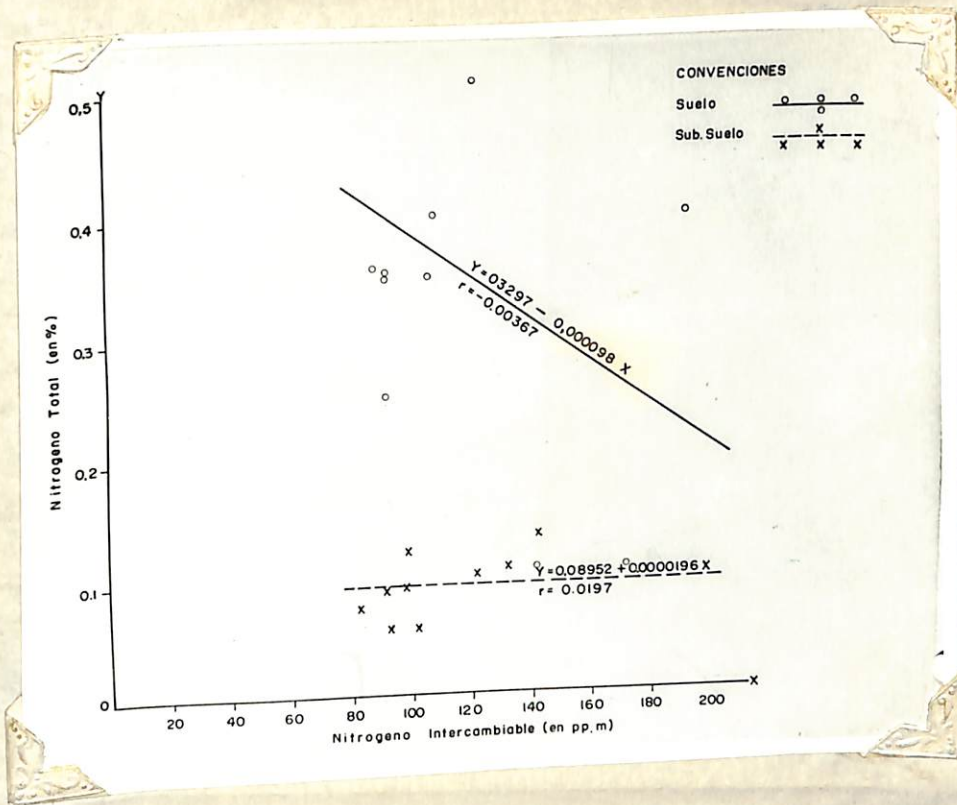


Figura 11

Relación entre el nitrogeno total y el nitrogeno intercambiable. Suelo y subsuelo.

Fotocopia: I. Santa Cruz

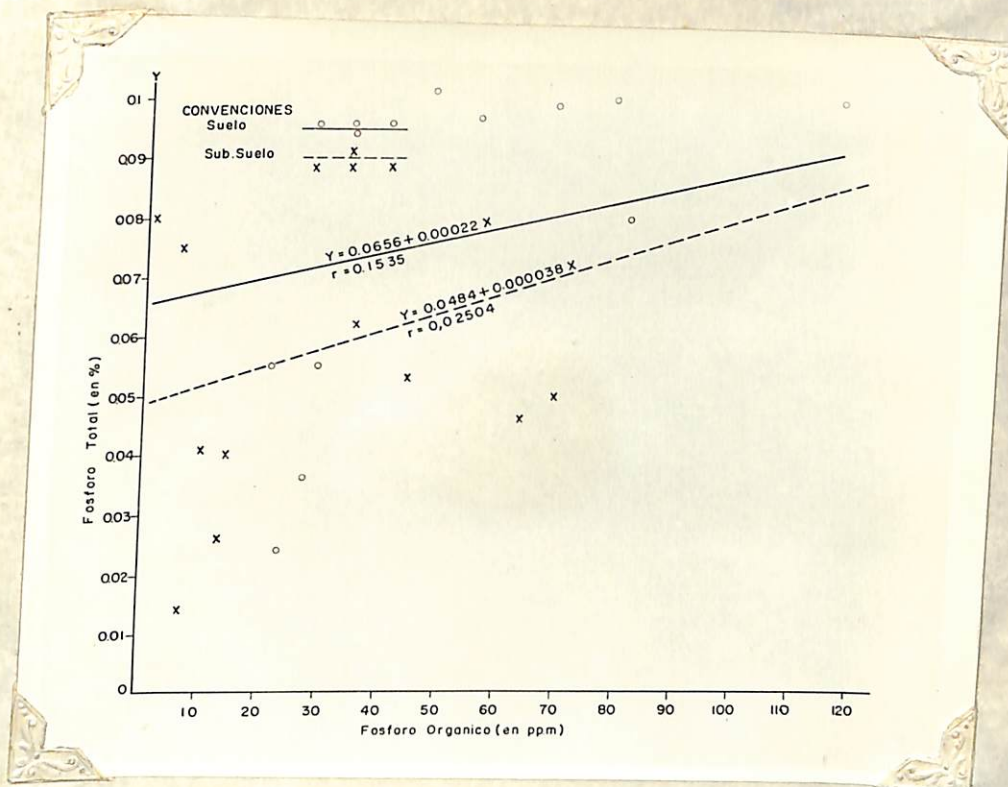


Figura 12

Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico. Suelo y subsuelo.

Fotocopia: I. Santaorus

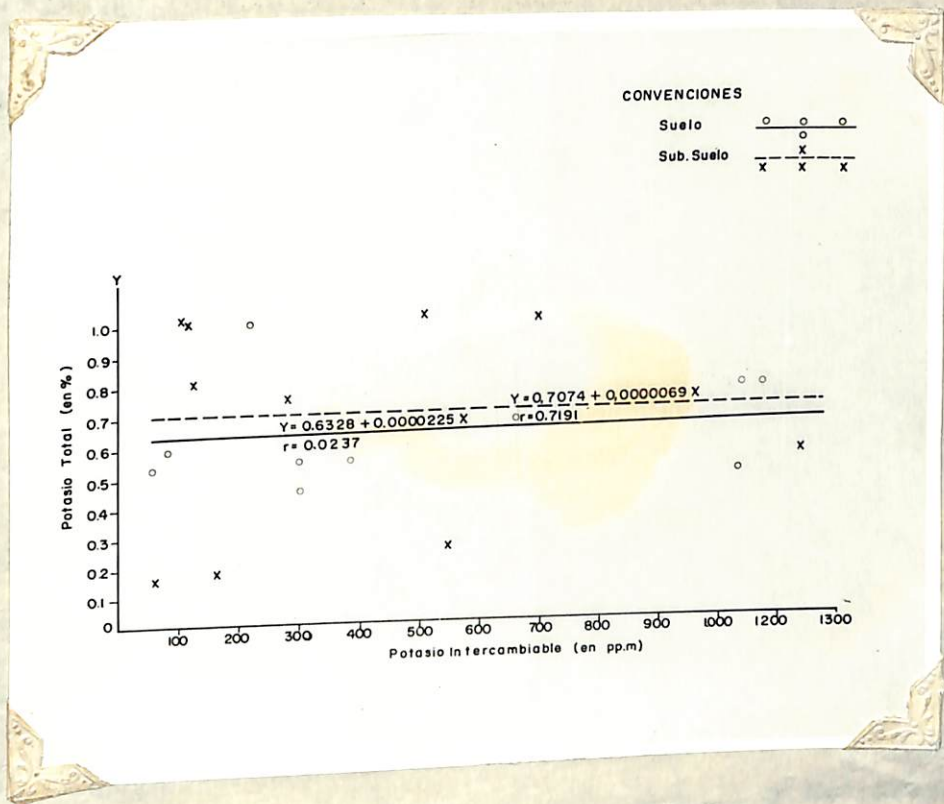


Figura 13

Relación entre el potasio total y el potasio intercambiable.  
Suelo y subsuelo.

Fotocopia: I. Santacruz

#### 4.6 Estudio de otros cationes

Como puede apreciarse en las Tablas XXIV y XXV, el sodio total supera ligeramente al potasio total en la superficie ( $K/Na = 0,75$ ), mientras que el caso inverso se presenta en los subsuelos ( $K/Na = 1,21$ ). Por el contrario, el potasio intercambiable supera ampliamente al sodio en el suelo ( $K/Na = 6,12$ ) y en el subsuelo ( $K/Na = 4,01$ ).

Las relaciones  $K/Na$  totales próximas a 1, significan que en estos suelos hay predominio de materiales ígneos los metamórficos o sedimentarios (Millot, 92). La ampliación de la relación  $K/Na$ , para las formas intercambiables significa que el potasio es liberado más rápidamente que el sodio, y/o que el sodio después de liberado, se pierde más rápidamente.

Las concentraciones de calcio y magnesio intercambiables, así como su relación, aparecen en las Tablas XXVI y XXVII. A lo largo de la Tesis, se ha visto cierta similitud con los suelos del Valle de Sibundoy. Es aquí donde hay una divergencia total, ya que las cantidades promedio de calcio y magnesio en los suelos del Altiplano de Túquerres, cuadruplican cuando menos a las del Valle de Sibundoy. Teóricamente el calcio tiene un nivel normal (2.350 ppm en suelos y 1.375 ppm en subsuelos en promedio), mientras que el magnesio supera con mucho, el contenido medio de los suelos (3 me/100g), al dar promedios de 1.407 y 948 ppm para suelos y subsuelos respectivamente. Por esta razón la relación es estrecha (menor de 2), comparada con el cociente 4/1 propuesto por Vinogradov y Ronov (134).

T A B L A XXIV

CONTENIDOS DE SODIO TOTAL E INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	S U E L O		S U B S U E L O	
	Na Total	Na Intercambiable NH <sub>4</sub> OAO N	Na Total	Na Intercambiable NH <sub>4</sub> OAO N
EL ESPINO	8.167,67	39,63	5.414,90	34,21
REVTA DE QUACHUCAL	6.582,15	84,87	6.016,51	79,32
ESTRADA A QUACHUCAL	11.902,46	117,68	2.715,47	172,91
RECVA A CUMBAL	6.183,94	144,54	7.065,72	142,96
YANVA	7.603,05	94,16	6.088,05	331,37
PROVIDENCIA	10.101,45	89,73	6.736,19	32,91
FUENTE DE SAN JUAN	10.304,89	47,16	2.080,68	215,45
FUENTE DE CUALANQUIZAN	9.191,42	114,89	5.834,75	159,44
SAN NOQUE	10.227,52	885,83	10.031,58	279,73
TUQUERENS	9.610,77	110,94	5.884,00	63,56
MAXIMO	11.902,46	885,83	10.031,58	331,37
PROMEDIO	8.987,53	172,94	5.786,78	151,06
MINIMO	6.183,94	39,63	2.080,68	32,91
Σ del Na-Total	100,00	1,92	100,00	2,61

RELACION K/Na EN SUS FRACCIONES TOTAL E INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	S U E L O		S U B S U E L O	
	K/Na Total	K/Na Intercambiable	K/Na Total	K/Na Intercambiable
EL ESPINO	0,72	2,37	1,96	2,94
RECTA DE GUACHUCAL	1,62	2,67	1,82	1,52
ENTRADA A GUACHUCAL	0,65	9,93	0,64	0,93
RECTA A GUMBAL	1,01	4,52	1,07	1,91
TASHA	0,73	3,97	0,28	0,86
PROVIDENCIA	0,53	0,61	1,20	3,67
FUENTE DE SAN JUAN	0,75	24,14	1,22	2,53
FUENTE DE CUALANQUIZAN	0,60	2,57	1,80	4,33
SAN ROQUE	0,46	0,33	1,24	1,78
TUQUERRES	0,51	10,18	0,94	19,60
MAXIMO	1,62	24,14	1,96	19,60
PROMEDIO	0,75	6,12	1,21	4,01
MINIMO	0,46	0,33	0,28	0,86

T A B L A XXVI

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg  
DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	<u>CALCIO</u> NH <sub>4</sub> OAc N	<u>MAGNESIO</u> NH <sub>4</sub> OAc N	Ca/Mg
EL ESPINO	161,20	490,06	0,32
RECTA DE GUACHUCAL	816,29	617,17	1,32
ENTRADA A GUACHUCAL	4.144,60	2.019,16	2,05
RECTA A CUMBAL	3.946,66	2.026,62	1,95
TASMA	1.087,82	961,49	1,13
PROVIDENCIA	3.111,48	1.101,61	2,82
PUENTE DE SAN JUAN	2.748,97	1.398,64	1,96
PUENTE DE CUALANQUIZAN	3.108,86	1.953,17	1,60
SAN ROQUE	280,43	1.604,73	0,17
TUQUERNES	4.097,51	1.903,64	2,15
MAXIMO	4.144,60	2.026,62	2,82
PROMEDIO	2.350,39	1.407,63	1,55
MINIMO	161,20	490,06	0,17

T A B L A    X X V I I

CONTENIDOS DEL CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg  
DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUBSUELO )  
Resultados en ppm

Nombre de la muestra	$\frac{\text{CALCIO}}{\text{NH}_4\text{OAc N}}$	$\frac{\text{MAGNESIO}}{\text{NH}_4\text{OAc N}}$	Ca/Mg
EL ESPINO	41,97	283,37	0,14
RECTA A GUACHUCAL	763,81	680,14	1,12
ENTRADA A GUACHUCAL	2.289,27	1.741,31	1,31
RECTA A CUMBAL	574,36	956,69	0,60
TASMA	1.307,34	1.378,79	0,95
PROVIDENCIA	104,22	434,89	0,24
FUENTE DE SAN JUAN	2.501,77	1.771,05	1,41
FUENTE DE CUALANQUIZAN	3.478,70	306,53	11,46
SAN ROQUE	874,54	860,14	1,02
TUQUERRES	1.816,05	1.068,80	1,70
MAXIMO	3.478,70	1.771,05	11,46
PROMEDIO	1.375,21	948,17	1,99
MINIMO	41,97	283,37	0,14

## V CONCLUSIONES

1. Los suelos del Altiplano de Tíqueres aparecen por sus características, encuadrados, dentro de dos grandes grupos del suborden Andeptos: Cryandeptos y Vitrandeptos.
2. Dada la profundidad del horizonte A, las concentraciones del nitrógeno total son adecuadas. El nitrógeno orgánico representa entre el 77,1 y el 91,8% del nitrógeno total, que es un promedio más bajo que el encontrado en otros suelos volcánicos estudiados hasta la fecha en Colombia. Las menores concentraciones de nitrógeno orgánico se deben a la abundancia de materiales piroclásticos que favorecen la presencia del nitrógeno orgánico.
3. Dentro del nitrógeno inorgánico, el nitrógeno nativo fijo y el nitrógeno intercambiable varían de 4,5% a 11,3% y de 3,7% a 11,6% del nitrógeno total, en suelos y subsuelos respectivamente.
4. En varias muestras el nitrógeno intercambiable supera la concentración del nativo fijo, aspecto muy infrecuente en suelos. Entre el nitrógeno intercambiable y el nitrógeno total no hubo correlación estadística.
5. La distribución del fósforo total es muy irregular, lo cual se atribuye a la influencia de distintas deposiciones de cenizas con diversos contenidos de fósforo. Por otra parte la relación C/P orgánico confirma que la materia orgánica del Altiplano de Tíqueres es pobre en fósforo. El fósforo inerte representa el 50% del fósforo total.

6. Los fosfatos de hierro y aluminio superan a los fosfatos cálcicos, y dentro de aquellos, son más prominentes los fosfatos de aluminio, lo cual significa que la meteorización de los suelos de Táquerres es grado intermedio.

7. Las concentraciones de potasio total son normales (6.596 y 7.191 ppm en suelos y subsuelos estudiados), considerando el promedio de otras determinaciones hechas en los suelos volcánicos del sur occidente colombiano. La mayor parte de este potasio es estructural (92% del potasio total).

8. Las fracciones no intercambiables son muy bajas (menos del 3% del potasio total), en contraposición a la abundancia del potasio intercambiable (más del 5% del potasio total). Estos suelos no requieren, en su mayoría, fertilización potásica a excepción de las cantidades de balanceamiento.

9. El potasio perdido en las pruebas de lixiviación en el laboratorio solo significa alrededor del 50% del potasio intercambiable.

10. Los suelos del Altiplano de Táquerres tienen cantidades adecuadas de calcio y magnesio intercambiables.

## VI RESUMEN

El presente estudio se realizó en suelos volcánicos del Altiplano de Tâquerres, Mariño, sur oeste de Colombia. Los suelos de esta región están influenciados por las cenizas de los volcanes Asufra y Gumbal.

El Altiplano de Tâquerres está situado a 3.000 msnm; con temperatura promedio y precipitación pluvial de 8°C y 700 mm respectivamente.

Las cantidades de nitrógeno total y la concentración de potasio se pueden considerar adecuadas para este tipo de suelos; mientras que la concentración del fósforo total es muy irregular. El nitrógeno orgánico, representa en promedio, entre 77 y 92% del nitrógeno total; aproximadamente, el 92% del potasio es estructural, y cerca del 50% del fósforo es inerte.

No se observó correlación estadística entre el nitrógeno total e intercambiable y entre el fósforo total y el orgánico; se observó correlación significativa (P. 0,5); entre el potasio total y el intercambiable, en los subsuelos estudiados.

Teóricamente, los suelos mostraron adecuados niveles de nitrógeno y potasio, para propósitos agronómicos, mientras que los fósforos se muestran deficientes. Es probable que los suelos requieran adiciones de fertilizantes con  $\text{NO}_3$  en alta cantidad, ya que las condiciones para la nitrificación se ven impedidas por las bajas temperaturas y el alto nivel de humedad.

## SUMMARY

The volcanic soils used in this study were obtained from the Highlands of Tuquerres (Nariño, SW Colombia). The soils of Tuquerres are influenced by the volcanic ashes of the Azufral and Cumbal volcanoes. The Highland lies at about 3,000 m above sea level. Mean average temperature and mean average rainfall are 8°C and 700 mm respectively.

Total-N and K concentrations can be considered as adequate that kind of soils, while the P-total concentration is very irregular. Organic-N represented, on average, between 77 and 92% of total-N. Approximately 92% of total-K was structural, and about 50% of total-P was inert.

No statistical correlation was found between total and exchangeable-N and between total and organic-P. Correlation at 5% level was established between total and exchangeable-K in the subsoils studied.

Theoretically the soils showed adequate levels of N and K for agronomical purposes while the P-levels were deficient. It is probable that soils require some addition of  $\text{NO}_3$ -fertilizers as well, since conditions for nitrification are impeded by low temperatures and the high moisture level.

VII BIBLIOGRAFIA

1. ACQUAYE, D. K. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil*. 19: 65-80. 1.963
2. AHMAD, N. y R. L. JONES. Forms of occurrence of inorganic phosphorus and its chemical availability in limestone soils of Barbados. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 184-186. 1.967.
3. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Wiley, New York. 472p. 1.961.
4. ANDERSON, G. Nucleic acids, derivatives and organic phosphates. *In McLaren, A. D. y Paterson, G. H. ed. Soil biochemistry.* p.67-90. 1.967.
5. ANDERSON, J. L. Petroleum geology of Colombia. *Bull of the Amer. Assoc. Pet. Geol.* 29: 1045-1162. 1.945.
6. ANGULO, N., L. NAVAS y A., VILLAMIL. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Tesis de Grado. (no publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 116p. 1.970.
7. ANONIMO, S. o Y. KOBAYASHI. Effects of allophans on the enzymatic activity of a protease. *Soil Sci. Plant Nutr.* 10: 28-32. 1.965.

8. ARNOLD, P. W. Nature and mode of weathering of soil potassium reserves. Jour. Sci. Food Agric. 11: 286-292. 1.960.
9. AXLEY, J. H. and J. O. LEGG. Ammonium fixation in soils and the influence of potassium on nitrogen availability from nitrate and ammonium sources. Soil Sci. 90: 151-156. 1.960.
- ✓ 10. BASTIDAS, O., A. CAICEDO y F. ROMO. Estudios de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos del valle de Sibundoy. Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de Grado (No publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 219p. 1.970.
- ✓ 11. BASTIDAS, O., A. CAICEDO, F. ROMO y N. BLASCO. Formas de fósforo en los suelos volcánicos del valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. Turrialba 20: 434-438.
- ✓ 12. BERNSTEIN, B. I. and A. S. OKARENKO. Effect of potassium deficiency on photosynthesis, respiration and phosphorus metabolism in ontogeny of sugar beet. Fisiologiya Rast. 13: 629-639. Ukrain. Nauchno.Issled. Inst. Fisiol. Rast. Akad. Nauk. Ukrain. S. S. R. (En abs. Soils and fertilizers. 30: 485-1.967). 1.966.
- ✓ 13. BIRCH, H. P. Nitrification in soils after different periods of dryness. Plant and Soil. 12: 81-96. 1.960.
14. BLASCO, N. El nitrógeno en los suelos volcánicos de Costa Rica IICA-CTEI, Turrialba. (No publicada). 25p. 1.971.
15. \_\_\_\_\_, Características químicas de los suelos volcánicos

de Mariño, Colombia. In Panel sobre Suelos derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. FAO-IICA, Turrialba. B-10: 1-9. 1.969.

16. BLASCO, M. Conferencias de fertilidad de suelos. Palmira, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. pp 165-191. (En mimeógrafo). 1.968.

✓ 17. \_\_\_\_\_ . Formas de fósforo en suelos del Amazonas Colombiano. Anales de Edafología y Agrobiología. (En prensa) 1.970.

✓ 18. \_\_\_\_\_ . Informe preliminar del Amazonas Colombiano. Anales de Edafología y Agrobiología. 27: 47-55. 1.968.

19. \_\_\_\_\_ . Microbiología de suelos. IICA. Turrialba. Costa Rica. 247p. 1.970.

✓ 20. \_\_\_\_\_ . Sinopsis Edafológica del Amazonas Colombiano. IV Conf. Latin. Fertilidad de suelos. FAO. Bogotá. (En multilith). 21p. 1.968.

✓ 21. \_\_\_\_\_ . Studies on some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Ph. D. Tesis de Grado. University Of London. 311p. 1.966.

✓ 22. \_\_\_\_\_ y N. BOHORQUEZ. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica. 12: 173-178. 1.968.

23. \_\_\_\_\_ . Estudio sobre la composición

química del ramio (Boehmeria nivea L. Gaud.) CVC. Facultad Nacional de Agronomía. Palmira. 1: 17-27. 1.967.

24. BLASCO, M., N. BOHORQUEZ, y C. LLANOS. Transformaciones microbiológicas del fósforo en suelos volcánicos del Puracé. Acta Agronómica. Palmira. 18: 1-6. 1.968.

25. \_\_\_\_\_, and A. H. CORNFIELD. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralising characteristics of the soils of Colombia. Geoderma. 1: 19-25. 1.967.

26. \_\_\_\_\_ . Fixation of added ammonium and nitrification of fixed ammonium in clays. Jour. Sci. Food Agric. 17: 481-484. 1.966.

27. BOHORQUEZ, N. Estudio de las fracciones y algunas reacciones del potasio en los suelos del valle del Cauca. Tesis de Grado. Fac. Agron., Palmira. Universidad Nacional. 79p. 1.968.

28. BOLLIN, W.B. and E. WRITHT. Microbes and nitrates in soils from virgin and young growth fores. Canad. Jour. Microbiol. 1: 785-792. 1.961

29. BORNEMISZA, E. y R. PINEDA. Minerales amorfos y mineralización de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas, In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA. Turrialba, Costa Rica. B-7, 1. 1.969.

30. BORNEMISZA, E. y K. IGUE. Comparison of three methods for de

termining organic phosphorus in Costa Rica soils. Soil Sci. 10: 347-353. 1.967.

- ✓ 31. BOUYOUCUS, G. H. A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38. 1.934.
- ✓ 32. BREMNER, J. M. Nitrogenous compounds. In: McLaren, A. D. y Paterson, G. H. ed. Soil Biochemistry. Dekker, New York pp. 19-66. 1.967
- ✓ 33. \_\_\_\_\_ . The amino-acid composition of the protein material in soil. Biochemistry. Jour. 47: 538-542. 1.950.
- ✓ 34. \_\_\_\_\_ . The nature of soil nitrogen complexes. Jour. Sci. Food Agric. 3: 497-500. 1.952.
35. \_\_\_\_\_ . Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. Jour. Agric. Sci. 55: 11-33. 1.960.
36. BREMNER, J. M. and K. SHAW. Determination of ammonia and nitrate in soils. Jour. Agric. Sci. 46: 320-328. 1.955.
37. \_\_\_\_\_ . Studies on the estimation and decomposition of amino sugars in the soil Jour. Agric. Sci. 44: 152-159. 1.955.
- ✓ 38. BUCKMAN, H. y N. C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. de R. S. Barceló. Unión Tipográfica. Edi

torial Hispano Americana. México. pp. 466-475. 1.968.

39. BUENO, J. A. Estudio geológico del Departamento de Nariño. Ministerio de Minas y Petróleos. Informe # 625. Pasto. (Mecanografiado sin paginación). 1.964.

40. BURGE, W. D. and F. E. BROADBENT. Fixation of ammonia by organic soils. Soil Sci. Amer. (Proc) Soc. Proc. 25: 199-204. 1.961.

41. CERON, E. Plan de Crédito supervisado para la zona de Tágues y Ipiiales. INCORA. Pasto. (Mecanografiado). 120p. 1.968.

42. COLMET-DAAGE, F. Nature de la fraction argileuse de quelques sols sur cendres des Antilles, Equateur, Nicaragua. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. B-2: 1-12. 1.969.

43. CORDOBA, H., M. MELO, y J. PRIETO. Lixiviación y volatilización del nitrógeno en algunos suelos del Departamento de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 70p. 1.970.

44. CORNFIELD, A. H. Laboratory manual agricultural chemistry. Imperial College. London University. 75p. 1.966.

45. CHANG, S. C. y H. L. JACKSON. Soil phosphorus fraction in some representative soil. Jour. Soil Sci. 2: 109-119. 1.958.

46. \_\_\_\_\_ . Fractionation of soil phosphorus

rus. Soil Sci. 84: 133-137. 1.957.

- ✓ 47. DURAN, N. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera del sur de la Guajira. Tesis de Grado. Fac. de Agron., Palmira. Universidad Nacional. 75p. 1.968.
- ✓ 48. DURAN, N. y M. BLASCO. Fractionation of nitrogen in the soils of Guajira, Caribbean area of Colombia. Tropical Agric. (Trinidad). (En prensa). 1.970.
49. ENNEZOR, W. O. Significance of the C:P organic ratio in the mineralization of soil organic phosphorus. Soil Sci. 103: 62-66. 1.967.
- ✓ 50. \_\_\_\_\_, y A. W. MOORE. Phosphorus status of some ni-gerian soils. Soil Sci. 10: 322-328. 1.966.
51. ESCOBAR, E. y N. MARTINEZ. Efecto de las adiciones de Calcio y Celulosa, en la Amonificación y Nitrificación de los suelos de la Intendencia del Putumayo, Colombia. Tesis de Grado. (No publicada). ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 200p. 1.970.
52. ESPINAL, T. L. y E. MONTENEGRO. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Departamento Agrícola. Bogotá, Canal Ramírez. 201p. 1.963.
- ✓ 53. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. Pito. Latin. 3: 187-202. 1966.

54. FASSBENDER, H. W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fito. Latín.* 3: 202-216. 1.966.
55. \_\_\_\_\_ . Phosphate retention and its different chemical. *Agrochimica.* 12: 512-521. 1.968.
56. \_\_\_\_\_ . Deficiencias y fijación del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas de Centro América. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA. Turrialba. Costa Rica. B-4, 1. 1.969.
57. \_\_\_\_\_ . Retención y transformación de fosfatos en ocho latosoles de la Amazonía del Brasil. *Fito. Latín.* 6: 1-10. 1.969.
58. \_\_\_\_\_ . Química de suelos. IICA. Turrialba. Costa Rica. 266p. 1.969
- ✓ 59. \_\_\_\_\_ , L. MULLER, y F. BALERDI. Estudios del fósforo en suelos de América Central. Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba. Costa Rica. 18: 333-347. 1.968.
60. FISHER, A. R. y F. YATES. Tablas estadísticas para Investigadores Científicos. 3a. ed. Madrid, Edit. Aguilar. 131p. 1.963.
61. CARBOSKY, A. J. and N. GIAMBIAGI. Nitrificación en los suelos de Patagonia. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 34: 103-112. 1.958.

- ✓ 62. GARCIA, B. Estudios sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 129p. 1.969.
63. GARMAN, W. L. Potassium release characteristics of several Soils from Ohio and New York. Soil Sci. Amer. Proc. 21: 52-58. 1.957.
- ✓ 64. GOEL, K. N. y R. AGARWAL. Total and organic phosphorus in different size-fractions in genetically related soils of Kanpur in the Indian Gangetic alluvium. Jour. Indian. Soc. Soil Sci. B: 17-22. 1.960.
- ✓ 65. HANOTIAUX, G. L'étude de la dynamique du phosphore du sol par le methode du fractionnement. Meeting Inter. Soc. Soil Sci. Transac., Aberdeen. pp. 161-173. 1.967
66. HAYLOCK, C. F. A method for estimating the availability of non-exchangeable potassium. Intern. Congr. Soil Sci. 6 th. Congr., Paris. 13: 403-408. 1.956.
- ✓ 67. HOSSNER, L. R. and G. E. RICHARDS. The effect of phosphorus source on the movement and uptake of band applied manganese. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 83-85. 1.968.
- ✓ 68. HSU, P. H. y L. M. JACKSON. Inorganic phosphate transformation by chemical weathering of soil as influenced by ph. Soil Sci. 90: 16-32. 1.960.
69. IRUSTA, F. y E. FORTOUL. Estudios preliminares de los suelos

de Nariño y Putunayo. (Bogotá). 128p. (Mimeografiado)  
1.963.

70. JACKSON, M. and G. D. SHERMAN. Chemical weathering of minerals in soils. *Advances in Agronomy*. 5: 296-297. 1953.

71. JACKSON, M. Análisis químico de suelos. Trad. J. B. Martínez. Omega. Barcelona. 660p. 1.964.

72. \_\_\_\_\_ Soil chemical analysis. 3a. ed. Prentice Hall Inc. New York. 498p. 1.964.

73. \_\_\_\_\_, Z. and S. G. CHANG. Anhydrous ammonia retention by soils as influenced by depth of application, soil texture, moisture content, ph value, and tilth. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 39: 623-633. 1.947.

74. JOHN, M., P. SPROUT. y C., KELLY. The distribution of organic phosphorus in British Columbia Soils its relationships to soil characteristics *Canad. Jour. Soil Sci.* 45: 87-93. 1.965.

75. KAILA, A. Fracciones of inorganic phosphorus in finnish mineral soils. *Jour. Sci. Agric. Soc. Finland.* 36: 1-13. 1.964.

76. \_\_\_\_\_ Fijación del potasio en suelos Finlandeses. *Revista de la potasa.* Berna. Sección 4. Ciencia del suelo. 35a. Cont. 1.966.

77. KATZNELSON, H. A., A. PATERSON y J. W. ROWALT. Phosphate

dissolving microorganisms seed and in the root zone plants.  
Canad. Jour. Botany. 49: 1181-1189. 1.966.

✓ 78. KAUFFAMAN, M. D. and D. R. BOULDIN. Relationships of non-exchangeable potassium in soils adjacent to cation exchange resins and plants. Soil Sci. 104: 145-150. 1.967.

79. KOJIMA, T. Soil organic nitrogen. I. Nature of the organic nitrogen in muck soil from Genevavo. Soil Sci. New York. 64: 157-165. 1.947.

✓ 80. LAVERTY, J. C. y E. O. McLEAN. Factors affecting yields and uptake of phosphorus by different crops 3. Kind of phosphate-native, applied and formed. Soil Sci. 91: 166-171. 1.961.

81. LOPEZ, T. y A. RODRIGUEZ. Algunas consideraciones sobre la nitrificación, el deslave y la edad de los suelos en cuatro regiones volcánicas del sur de Colombia. Tesis de Grado. (No publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 120p. 1.970.

82. LOTERO, J. Formas de fósforo en el suelo, fijación y aprovechabilidad. Agric. Trop. 22: 275-284. 1.966.

✓ 83. McCONAGY, S., J. W. B. STEWART. y H. MALNCK. Soil phosphate status measured by isotopic exchange and other techniques. Meeting Inter. Soc. Soil Sci. Transac. Aberdeen. pp. 151-160. 1.967.

84. McLEAN, A. J. Fixation of potassium added to soils and its recovery.

recovery plants. Soil research Institute Canada. Department of Agriculture. Ontario No. 260. 16p. (En minúsculo). 1.966.

85. \_\_\_\_\_ Potassium supplying power of some Canadian soils. Canada. Jour. Soil Sci. 41: 192-206. 1.962.

86. MARQUEZ, L. y J. TORRES. Estudio de las fracciones de algunas reacciones de fósforo en suelos del valle del Cauca. Palmira, Fac. de Agron.; Universidad Nacional. Tesis de Grado. (No publicada). 99p. 1.958.

87. MARTINEZ, A. y P. LUCENA. Determinación y formas de fósforo en la Provincia de Salamanca. Nota I. Estudio comparativo de doce soluciones extractoras de fósforo asimilable. An. Edafol. Agrobiol. 18: 81-95. 1.959.

88. MARTINI, J. A. Caracterización del estado del potasio en seis suelos de Panamá. Pito. Latin. 3: 163-186. 1960.

89. MARTINI, J. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA, Turrialba. A-5: 1-9. 1.969.

90. NATTA, A. y P. PALACIOS. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de Grado. (No publicada). IICA, Universidad de Nariño. Panto. 148p. 1.970.

91. NIKANI, D. T. y Y. KANEHIRO. Native fixed ammonium in Hawaii

- an soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 481-485. 1.968.
92. NILLOT, G. Geologie des argiles. Masson Editeurs. Paris, 499p. 1.964.
93. MINISTERIO DEL TRABAJO. Atlas de Nariño. Ed. Arco. Bogotá 34p. 1.959.
- ✓ 94. MOLINA, C. y M. BLASCO. El nitrógeno en los suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Colombia. Turrialba. 20: (En prensa). 1.970.
95. MOORE, A. W. y C. A. AYBEE. HF-extractable ammonium nitrogen in four nigerian soils. Soil Sci. 99: 335-338. 1.965.
96. MORA, T. E. y L. B. LEGARDA. Estudios de ciertas características de algunos suelos de Nariño relacionados con las formaciones ecológicas. Tesis de Grado. (No publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 164p. 1.969.
- ✓ 97. MORILLO, R. M. y H. W. PASSENDER. Formas y disponibilidad de fosfatos en algunos suelos de la cuenca baja del río Choluteca, Honduras. Turrialba. 19: 26-33. 1.968.
98. MORTLAND, M. H. and A. R. WOLCOTT. Sorption of inorganic nitrogen Compounds by Soil Materials Soil Nitrogen. 150-197p. 1.965.
99. MORTLAND, M. H. Reactions of ammonia in soils Adv. Agron. 10: 325-348. 1.958

100. MUNSSELL. Soil color charts. Baltimore. Mun. Col. Co. Inc.  
s-p. 1.954.
101. NOMNIK, H. Fixation and defixation of ammonium in soils.  
Acta Agric. Scand. 7: 395-436. 1.957.
- ✓ 102. ORDÓÑEZ, H. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del  
Altiplano de Pasto. Tesis de Grado. (No publicada).  
ITA, Universidad de Nariño. 114p. 1.969.
103. ORTEGA, J. Estudio comparativamente de tres fuentes de fosforo  
a diferentes niveles de aplicación en relación a su ab-  
sorción y fijación en un suelo rojo de Nariño. Tesis de  
Grado. (No publicada). ITA, Universidad de Nariño. 121p  
1.970.
- ✓ 104. FANTOJA, C. Fraccionamiento del fósforo en algunos suelos de  
clima medio en el Departamento de Nariño. Tesis de Grado.  
(No publicada). ITA, Universidad de Nariño. 111p. 1969.
105. PEREZ, A. Plantas útiles de Colombia. Madrid. Ed. Sucesores  
de Rivadeneira. 831p. 1.965.
106. RICH, C. I. Mineralogy of soil potassium. In Kilmer, V. J.  
et al, ed. The role of potassium in agriculture. pp79-108  
1.969.
107. \_\_\_\_\_ and W. R. BLACK. Potassium exchange as affected  
by cation size, pH, and mineral structure. Abid. 27: 384  
390. 1.964.

108. RODRIGUEZ, G. Fixed ammonia in tropical soils. Jour. Soil Sci. 5: 264-274. 1.954.
109. RODRIGUEZ, I. Geografía Económica de Mariño. Pasto, Edit. Sar Colombiana, (Vol. I y II). 1.961.
110. ROSERO, L. Fraccionamiento de nitrógeno en algunos suelos de clima medio del Departamento de Mariño. Tesis de Grado. (No publicada). ITA, Universidad de Mariño. 90p. 1.970.
111. ROYO Y J. GONZALEZ. Datos para la geología económica de Mariño y Alto Putumayo. Copilación de estudios geológicos en Colombia. Bogotá. 2: 53-160. 1.942.
- ✓ 112. RUSSELL, E. W. Soil conditions and plant growth. Ninth ed. Longmans. London. 688p. 1.961.
- ✗ 113. RUSSELL, E. J. The ammonia in soils. Jour. Agric. Sci. 3: 233-257. 1.910.
114. SAIZ DEL RIO, J. F. y E. BORNEMISZA. Análisis químico de suelos. Métodos de Laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 107p. 1.961.
115. SAUNDERS, S. and E. WILLIAMS. Determination of total organic phosphorus in soils. Jour. Soil. Sci. 6: 254-260. 1.955.
116. SAVANT, N. y R. ELLIS. Changes in redox potential and phosphorus availability in submerged soils. Soil Sci. 98: 388-393. 1.964.

117. SCHOLLENBERGER, C. and M. SIMON. Determination of exchange properties of soil by the ammonium acetate method. *Soil Sci.* 59: 14. 1.945.
118. SEN GUPTA, N. and A. CORNFIELD. Determination of the organic phosphorus contents of calcareous soil and its relation to soil calcium carbonate content. *Jour. Sci. Food Agric.* 13: 655-658.
119. SEN GUPTA, N. B. and A. H. CORNFIELD. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. *Jour. Sci. Food Agric.* 13: 652-655. 1.962.
- ✓ 120. SHAW, M. E. Aspects of the potash nutrition of sugar cane grown on heavy clay soil in Jamaica. *Proc. Brit. W. Ind. Meet Tech.* 55-61. (Sugar Manuf. Assoc. Ltd.). 1.960.
- ✓ 121. SIEW, K. H. Estado del potasio en algunos suelos malayos. *Revista de la potasa. Berna. Sección 4. Ciencia del suelo.* 36a. cent. 1.966.
- ✓ 122. SILVA, F. et al. Métodos analíticos de laboratorio de suelos, 2a. ed. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Bogotá. 138p. 1.963.
- ✓ 123. SMITH, N. The supply of soluble phosphorus to the wheat plants from inorganic soil phosphorus. *Plant and soil.* 22: 314-316. 1.965.
124. SOIL SURVEY STAFF. Supplement to soil classification sys-

tem (7th Approximation). USDA, WASHINGTON. 207p. 1.967.

✓ 125. SYERS, J. K. Inorganic phosphorus transformations with time. New Zealand. Soils News. No. 1: 11-18. 1.967.

126. SWINDALE, L. Properties of volcanic ash soils. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica. 1.969.

✓ 127. TAFUR, V. N. Principales características de los suelos de la región algodonera de Valledupar (Cesar). Tesis de Grado. (No publicada). Fac. de Agron. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 135p. 1.968.

✓ 128. TAFUR, N. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera de Valledupar (Cesar). Tesis de Grado. Fac. Agron., Palmira. Universidad Nacional. 75p. 1.968.

✓ 129. \_\_\_\_\_, y M. BLASCO. El nitrógeno en los suelos del Valle del Cesar. Acta Agron. 18: 7-16. 1.968.

130. \_\_\_\_\_, y M. BLASCO. Fósforo en los suelos de Valledupar (Cesar). Agricultura Tropical. 25: 151-159. 1.969.

131. TANINI, Y. N., Y. KANRIO and G. SHERMAN. Ammonium fixation in amorphous. Hawaiian soils. Soil Sci. 25: 426-430. 1.963.

132. TAYLOR, N. The classification of ash derived from volcanic ash. In World Soil Resources Report No. 14. FAO, Roma.

pp.101-110. 1.964.

- ✓ 133. VIEIRA, L. S. y B. BORNEMISZA. Categorías de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonia de Brasil. Turrialba. 18: 242-248. 1.968.
134. VINOGRADOV, A. P. and A. B. BRONOV. Evolution of the chemical composition of clays of the Russian Platform. Geochemistry. The Geoch. Soc. Ann. Arbor. Michigan. 2: 123-129. 1.965.
135. WALKLEY, A. and I. A. BLACK. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38. 1.934.
- ✓ 136. WALLACE, C. B. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3rd. ed. London, Curwen Press. 125p. 1.961.
- ✓ 137. WESTIN, P. C. and C. J. BUNTLEY. Soil phosphorus in South Dakota. III. Phosphorus fractions of some Berolls and Ustolls. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 521-528. 1.966.
- ✓ 138. WILCOX, J. S., and W. N. TOWNSEND. an introduction to agricultural chemistry. 3rd. ed. Arnold Publ. London. 243p. 1.964.
139. WILLIAMS, C. H. y J. R. SIMPSON. Some effects of cultivation and waterlogging on the availability of phosphorus in pasture soils. Australian. Jour. Agric. Res. 16: 413-

420. 1.965.

✓ 140. WORTHEN, E. L. y S. R. ALDRICH. Suelos agrícolas, su con  
servación y fertilización. Editorial Hispano America-  
na. 2a. Ed. México. 102-110 pp. 1.959.

141. YOUNG, J. L. and B. L. McNEAL. Ammonia and ammonium reac-  
tion with some layer-silicates minerals. Soil Sci. Soc.  
Amer. Proc. 28: 334-339. 1.964.

APPENDICE

T A B L A I

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( CONTINUA )

Nombre de la muestra	N-Total en % X	N-Intercambiable en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	0,510	120,10	0,260	14.424,01	61,25
HUERTA DE GUACHUCAL	0,377	87,11	0,140	7.588,15	32,84
HUERTA A GUACHUCAL	0,249	91,40	0,062	8.353,96	22,75
HUERTA A CUNDAL	0,344	105,09	0,120	11.043,91	36,15
TAMBA	0,356	91,14	0,120	8.306,49	32,44
PROVIDENCIA	0,387	112,10	0,140	12.566,41	43,38
FUENTE DE SAN JUAN	0,357	90,80	0,120	8.244,64	32,41
FUENTES DE OVALANQUIZAN	0,113	141,50	0,012	20.022,25	15,98
SAN NOQUE	0,383	190,80	0,140	36.404,64	73,07
TUQUERRES	0,106	171,40	0,011	29.377,96	18,16
	3,182	1.201,44	1,325	156.332,42	268,43

Y = 0,3297 - 0,000098 X

r<sup>2</sup> obtenido = -0,00367 NS

"r" tabulado a nivel del 5% para 8 GL = 0,6319

"r" tabulado a nivel del 1% para 8 GL = 0,7646

NS = No significativo

T A B L A II

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS (SUSEUELO)

Nombre de la muestra	N-Total en % X	N-Intercambiable en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	0,074	82,02	0,0054	6.727,28	6,07
RECTA DE QUACHUCAL	0,110	131,20	0,0120	17.213,44	14,43
ENTRADA A QUACHUCAL	0,088	77,13	0,0077	5.949,03	6,78
RECTA A CUMBAL	0,087	91,02	0,0075	8.284,64	7,92
TASHA	0,121	78,10	0,0140	6.099,61	9,45
PROVIDENCIA	0,100	120,90	0,0100	14.616,81	12,09
PUESTO DE SAN JUAN	0,057	111,20	0,00320	12.365,44	6,38
PUESTO DE CUALANQUIZAN	0,090	140,70	0,0081	19.796,49	12,66
SAN KOQUE	0,133	141,10	0,0170	19.909,21	18,75
TUQUERES	0,056	91,50	0,0031	8.372,25	5,12
	0,916	1.064,87	0,1168	119.334,20	99,65

$\chi^2 = 0,08952 + 0,0000196 X$

"y" obtenido = 0,0197 NS

"y" tabulado a nivel del 5% para 8 GB = 0,6319

"x" tabulado a nivel del 1% para 8 GB = 0,7646

NS = No significativo

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Nombre de la muestra	P-Total en % X	P-Organico en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	0,099	60,453	0,0098	3.654,56	5,984
RECTA DE GUACHUCAL	0,055	29,428	0,0030	866,00	1,618
ENERADA A GUACHUCAL	0,024	23,446	0,0005	549,71	0,562
RECTA DE CUNBAL	0,104	77,864	0,0100	6.062,80	7,786
TASNA	0,080	81,411	0,0064	6.627,75	6,512
PROVIDENCIA	0,103	117,006	0,0140	13.690,40	14,040
FUENTE DE SAN JUAN	0,097	55,152	0,0094	3.041,74	5,349
FUENTE DE CUALANQUIZAN	0,036	27,235	0,0090	741,74	0,817
SAN ROQUE	0,055	20,719	0,0030	404,17	1,100
TUQUERRES	0,122	46,625	0,0140	2.173,89	5,595
	0,775	539,339	0,0791	37.812,78	49,363

Y = 0,0656 + 0,00022X "r" tabulado a nivel del 5% para 8 GL = 0,6319

"r" obtenido = 0,1535 NS "r" tabulado a nivel del 1% para 8 GL = 0,7646

NS = No significativo

T A B L A IV

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO DE LOS SUELOS ESTUDIADOS (SUEROS)

Nombre de la muestra	P-Total on % X	P-Organico en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	0,062	35,155	0,0038	1.235,87	2,179
KOCRA DE GUACHUCAL	0,056	63,455	0,0031	3.988,55	3,553
ENTRADA A GUACHUCAL	0,052	43,351	0,0027	1.879,30	2,254
KOCRA A CUMBAL	0,050	68,672	0,0025	4.445,15	3,433
TAMA	0,026	12,901	0,0007	166,43	0,333
PROVIDENCIA	0,040	10,313	0,0016	106,35	0,412
FUENTE DE SAN JUAN	0,074	6,009	0,0054	36,11	0,445
FUENTE DE CUALANQUIZAN	0,014	6,995	0,0019	48,93	0,097
SAN ROQUE	0,040	13,826	0,0016	191,16	0,553
TUCUMERES	0,080	1,009	0,0064	1,02	0,080
	0,494	261,685	0,0291	12.108,03	13,341

X = 0,04841 + 0,000038 X

"r" obtenido = 0,02504 NS

"r" tabulado a nivel del 5% para 8 GL = 0,6319

"r" tabulado a nivel del 1% para 8 GL = 0,7616

NS = No significativo

T A B L A V

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUELO )

Nombre de la muestra	K-Total en % X	K-Intercambiable NO <sub>3</sub> H O <sub>3</sub> LN en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	0,59	94,038	0,348	8.843,14	55,48
RECTA DE GUACHUCAL	1,07	226,747	1,145	51.414,20	242,62
ENTRADA A GUACHUCAL	0,77	1.168,992	0,593	1.366.542,29	900,12
RECTA A CUMBAL	0,67	653,588	0,449	427.177,27	437,90
TASMA	0,55	374,304	0,302	140.103,48	205,87
PROVIDENCIA	0,53	54,414	0,281	2.960,88	28,84
PUNTE DE SAN JUAN	0,77	1.138,698	0,593	1.296.633,13	876,79
PUNTE DE CUALANQUIZAN	0,55	295,792	0,302	87.492,90	162,68
SAN ROQUE	0,46	296,928	0,212	88.166,23	136,59
TUQUERRES	0,49	1.129,879	0,241	1.276.626,55	553,65
	6,45	5.433,380	4,466	4.745.960,07	3.600,54

Y = 0,6328 + 0,0000225 X

"r" obtenido = 0,0232 NS

"r" tabulado a nivel del 5% para 8 GL = 0,6319

"r" tabulado a nivel del 1% para 8 GL = 0,7646

NS = No significativo

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ( SUBSUELO )

Nombre de la muestra	K-Total en % X	K-Intercambiable NO <sub>3</sub> H O <sub>3</sub> LN en ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
EL ESPINO	1.06	99,693	1,124	9,938,69	102,68
HUERTA DE GUACHUCAL	1.09	120,565	1,188	14,535,92	132,42
HUERTA A GUACHUCAL	0.17	161,467	0,029	26,072,59	27,45
HUERTA A CUMBAL	0.75	270,925	0,562	73,400,35	203,19
TASMA	0.16	61,613	0,025	3,796,16	9,86
PROVIDENCIA	0.80	120,681	0,640	14,563,90	96,54
PUNTE DE SAN JUAN	0.25	544,940	0,062	296,959,60	136,24
PUNTE DE CUALANQUIZAN	1.05	690,195	1,102	476,369,14	724,70
SAN ROQUE	1.20	498,492	1,440	248,494,27	598,19
TUCURRES	0.55	1,234,914	0,302	1,525,012,58	679,20
	7.08	3,803,485	5,286	2,689,142,20	2,709,47

Y = 0,7074 + 0,0000069 X

"r" obtenido = 0,7191 (")

"r" tabulada a nivel del 5% para 8 GL = 0,6319

"r" tabulada a nivel del 1% para 8 GL = 0,7646

(") = significativo a nivel del 5%

8508

T  
E-631.4  
F426

Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la zona de Tuque.

NOMBRE	Olivero	7
Nº del Carnet	5277	28-V-79
NOMBRE	Alonso Martínez	28-V-79
Nº del Carnet	1156099	20-V-80
NOMBRE	Andrés Ortiz	80

X

008508

T  
631.4  
F426

X

e

8508